

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

**CARRERA:
INGENIERÍA MECÁNICA**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:
INGENIEROS MECÁNICOS**

**TEMA:
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA ESTACIÓN DE TRABAJO PARA EL
PROCESO DE REMANUFACTURA DE 6 CARTUCHOS DE IMPRESIÓN
LÁSER A BLANCO Y NEGRO POR HORA EN LA EMPRESA AB
DISTRIBUCIONES UBICADA EN LA CIUDAD DE QUITO.**

**AUTORES:
PABLO DAVID ARCINIEGA ARCINIEGA
MARÍA JOSÉ SUNTAXI LUGMAÑA**

**TUTOR:
MARCOS ANTONIO HECHAVARRÍA SÁNCHEZ**

Quito, julio del 2019

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Nosotros, Pablo David Arciniega Arciniega con documento de identificación N° 171989725-6 y María José Sntaxi Lugmaña con documento de identificación N° 172198974-5, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo de titulación intitulado: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA ESTACIÓN DE TRABAJO PARA EL PROCESO DE REMANUFACTURA DE 6 CARTUCHOS DE IMPRESIÓN LÁSER A BLANCO Y NEGRO POR HORA EN LA EMPRESA AB DISTRIBUCIONES UBICADA EN LA CIUDAD DE QUITO.”, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de Ingenieros Mecánicos , en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hacemos entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



Pablo David Arciniega Arciniega
CI: 171989725-6



María José Sntaxi Lugmaña
CI: 172198974-5

Quito, julio del 2019.

DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR

Yo declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el Proyecto Técnico: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA ESTACIÓN DE TRABAJO PARA EL PROCESO DE REMANUFACTURA DE 6 CARTUCHOS DE IMPRESIÓN LÁSER A BLANCO Y NEGRO POR HORA EN LA EMPRESA AB DISTRIBUCIONES UBICADA EN LA CIUDAD DE QUITO.”, realizado por Pablo David Arciniega Arciniega y María José Suntaxi Lugmaña, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana, para ser considerados como trabajo final de titulación.

Quito, julio del 2019.



Marcos Antonio Hechavarría Sánchez
CI: 1756684369

DEDICATORIA

El presente proyecto de titulación está dedicado a mi madre María, quien es el motor de mi vida, su sacrificio, amor incondicional han hecho de mí una mejor persona, A mi padre, José porque sus conocimientos y comprensión jamás permitieron que me diera por vencida, ni un segundo de mi existencia.

A mis hermanos Delmo, Willams, Evelyn, Mónica; a mis sobrinos Francisco, Maya, Daniel siempre han estado pendientes en cada uno de mis pasos durante este largo período. Ustedes son mi motivación para ser mejor cada día...

María José

Este proyecto se lo dedico a mi esposa y a mis hijos que fueron la causa para dar cada día un paso más hacia adelante a pesar de lo duro que fuese el camino y para que ellos puedan seguir mi ejemplo y avanzar mucho más que yo en la vida profesional y personal.

Pablo David

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por guiarme, ser mi fortaleza en cada paso a lo largo de mi carrera y jamás permitirme desfallecer ante las adversidades de la vida.

A la Universidad Politécnica Salesiana por brindarme la oportunidad de ser una profesional.

A mi tutor, Ingeniero Marcos Antonio Hechavarría quien nos dio su total apoyo desde el primero momento creyendo siempre que lo lograríamos. Ha sido un gran guía para la culminación de este proyecto de titulación.

Por último agradezco a mis amigos por su apoyo, Cristina por cada minuto de aliento, comprensión, fuerza. Eres y siempre serás parte de mi vida. A Jonathan por ser mi conciencia en los malos y buenos momentos. Gracias por ser parte de cada día...

María José

El presente proyecto lo agradezco, en primer lugar, a mis padres que nunca se rindieron conmigo y me apoyaron durante toda mi vida dándome ánimos para seguir adelante y culminar con una meta más.

A mis hermanos que estuvieron pendientes de mi bienestar y me guiaron a lo largo de mi carrera y a todos mis amigos que de una u otra forma supieron apoyarme y estuvieron ahí conmigo... ¡Gracias!

Pablo David

ÍNDICE

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR.....	i
DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR.....	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
ÍNDICE.....	v
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
INTRODUCCIÓN	xiv
CAPÍTULO I.....	1
MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL	1
1.1. Tóner	1
1.1.1. Definición	1
1.1.2. Composición del tóner	1
1.1.3. Factores de diferenciación entre polvos de tóner.....	2
1.1.4. Elaboración del tóner	2
1.1.5. Velocidad de impresión	3
1.1.6. Calidad de la imagen.....	4
1.1.7. Motor de impresión.....	4
1.2. Cartuchos de impresión láser	4
1.2.1. Definición	4
1.2.2. Tipos de cartuchos láser en el mercado actual.....	5
1.2.3. Cartucho remanufacturado.....	5
1.2.4. Cartucho rellenado	5
1.2.5. Cartucho compatible	6
1.3. Partes de un cartucho láser.....	6
1.3.1. Carcasa del cartucho láser.....	7
1.3.2. Cuchilla dosificadora (Doctor Blade)	7
1.3.3. Rodillo magnético (Magnetic Roller)	7
1.3.4. Cuchilla limpiadora (Wiper Blade).....	7
1.3.5. Rodillo de carga primaria (Developer Roller)	7
1.3.6. Unidad de cilindro (Drum Unity)	7
1.4. Principio de funcionamiento de un cartucho láser	8

1.5. Proceso de remanufactura de un cartucho láser	10
1.6. Sistemas de extracción de polvo	10
1.6.1. Extracción de polvo por medio de cámaras de sedimentación	11
1.6.2. Extracción de polvo por medio de separadores centrífugos	11
1.6.3. Extracción de polvo por medio de filtros de tela	11
1.6.4. Extracción de polvo por medio de precipitadores electrostáticos.....	11
1.7. Sistema de dosificación de polvo	12
1.7.1. Dosificador de tornillo sin fin.....	12
1.7.2. Dosificador volumétrico	12
1.7.3. Dosificador gravimétrico	13
1.8. Contaminación hacia el Medio Ambiente.....	13
1.9. Identificación de la medida general de contaminación	14
1.10. Definición del puesto de trabajo.....	15
1.11. Agresiones o contaminaciones existentes en el puesto de trabajo	15
1.12. Riesgos del puesto de trabajo	15
1.12.1. Riesgos Químicos	16
1.12.2. Riesgos Ergonómicos	16
1.13. Efectos en la salud por manipulación de tóner.....	17
1.14. Definición de los medios de protección personal.....	18
1.15. Sistema de control	18
1.15.1. PLC	18
1.15.2. Raspberry Pi.....	20
1.15.3. Arduino	20
CAPÍTULO II	21
MARCO METODOLÓGICO	21
2.1. Proceso de remanufactura	21
2.1.1. Desarmado de la carcasa.....	21
2.1.2. Proceso de limpieza del cartucho de tóner.....	22
2.1.3. Rellenado del polvo de tóner	23
2.1.4. Reemplazo de piezas usadas	23
2.1.5. Armado de la carcasa.....	24
2.1.6. Control de calidad de impresión	25
2.1.7. Empaque del cartucho láser	25
2.2. Selección de alternativas	26

2.2.1. Material de la estructura y tolva de la estación de trabajo	26
2.2.2. Diseño del dosificador	26
2.2.3. Materiales de control automático	27
2.2.4. Materiales para descontaminación	27
2.2.5. Materiales Neumáticos	28
2.2.6. Materiales electrónicos	28
2.3. Metodología del proceso de selección	29
2.4. Valoración de alternativas	30
2.5. Análisis y muestreo del aire en la zona de contaminación de polvo	31
2.6. Mangueras neumáticas	32
2.7. Formulación teórica	32
2.7.1. Uniones	32
2.7.2. Tolva	35
CAPÍTULO III	39
CÁLCULO Y DISEÑO DE LA ESTACIÓN DE TRABAJO	39
3.1 Situación actual del área de trabajo	39
3.1.1. Resultados del muestreo tomado en la estación de trabajo	40
3.2. Selección de materiales	41
3.2.1. Selección de Dosificador	41
3.2.2. Selección del filtro	42
3.2.3. Selección del motor del tornillo helicoidal de alambre	42
3.3. Cálculo para el dimensionamiento y selección de materiales de la estación de trabajo.	42
3.4. Cálculos del diseño de tolva almacenadora de polvo	43
3.4.1. Volumen de Tolva almacenadora de polvo	44
3.4.2. Esfuerzos de a tolva	44
3.4.3. Presión en la pared de la tolva	45
3.4.4. Presión de trabajo de la tolva	45
3.4.5. Presión total del trabajo	45
3.4.7. Cálculo de las masas de la tolva	46
3.4.8. Cálculo de la plancha trapezoide	46
3.4.9. Cálculo de la masa de la estructura	47
3.4.10. Cálculo de la masa total de la estación de trabajo	48
3.5. Cálculo de uniones	48

3.6. Cálculo unidades de mantenimiento	49
3.6.1. Cálculo del sistema de extracción de polvos	49
3.6.2. Cálculo del promedio de polvo en el aire	49
3.6.3. Cálculo del flujo másico	49
3.6.4. Cálculo del dimensionamiento de los complementos del sistema de extracción de polvos.	50
3.6.5. Cálculo del caudal mínimo requerido	50
3.7. Cálculo de tornillo helicoidal de alambre	51
3.8. Selección patas fijas y garruchas.....	52
3.9. Selección de mangueras	52
3.10. Selección de elementos neumáticos	53
3.11. Selección de sistema de control.....	53
3.12. Análisis Financiero.....	53
3.12.1. Costos materiales y herramientas	53
3.13. Costos mano de obra	54
3.14. Costos de ingeniería y diseño	55
3.15. Valor inicial de inversión	55
3.16. Costos de depreciación	55
3.17. Análisis de la tasa mínima aceptable de rendimiento (TMAR)	56
3.19. Payback Period	57
3.20. Cálculos VAN Y TIR	57
CONCLUSIONES	59
RECOMENDACIONES	60
GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	61
REFERENCIAS.....	62
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Decibeles en diferentes tipos de vehículos [34].....	16
Tabla 2 Luminaria en condiciones atmosféricas [32]	17
Tabla 3 Clasificación de PLC [36].....	19
Tabla 4 Ventajas y Desventajas de remanufactura manual y automática de cartuchos láser	29
Tabla 5. Comparación de alternativas de recarga manual y automática	30
Tabla 6 Ventajas y desventajas la soldadura MIG [53]	33
Tabla 7 Tamaño de mínimo cordón para placas [48].....	33
Tabla 8 Muestreo de recolección de desechos de polvo	40
Tabla 9 Comparación alternativas de dosificación	41
Tabla 10 Tabla de costos.....	53
Tabla 11 Costos mano obra.....	54
Tabla 12 Costos diseño	55
Tabla 13. Ingresos generados.....	57
Tabla 14. VAN y TIR.....	58

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Partícula polvo pulverizado 1 [11]	3
Figura 2. Partícula polvo químico 1 [11]	3
Figura 3. Transmisión de carga del PCR al drum [16]	9
Figura 4. Dosificador de tornillo sin fin [21].	12
Figura 5. Dosificador Volumétrico [23].....	13
Figura 6. Dosificador Gravimétrico [25].	13
Figura 7. PLC tipo modular [40].....	20
Figura 8. Raspberry Pi [41].....	20
Figura 9. Tipos de Arduino [43].	21
Figura 10. Desarmado de carcasa con tornillos.	22
Figura 11. Desarmado de carcasa con soldadura de plástico.	22
Figura 12. Limpieza de cartucho.....	23
Figura 13. Carga de polvo en el cartucho remanufacturado.	23
Figura 14. Reemplazo de cilindro en mal estado.	24
Figura 15. Reemplazo de PCR en mal estado.	24
Figura 16. Unión de partes del cartucho de tóner.	25
Figura 17. Ensamblaje de caras laterales.	25
Figura 18. Empaque dedos para cartucho.	26
Figura 19. Filtro de panel tipo HEPA [45].....	28
Figura 20. Proceso de soldadura [47].....	33
Figura 21. Altura promedio del operario.....	43
Figura 22. Medidas promedio a tomarse en cuenta para manejo de espacio.	43
Figura 23. Área de la tolva.....	46
Figura 24. Diámetro y largo del eje tornillo sin fin.....	51
Figura 25. Diámetros del tornillo.	51
Figura 26. Paso del tornillo	52
Figura 27. Manguera neumática con acoples.	53

LISTA DE SÍMBOLOS

A	área
b	base
D	diámetro
F	carga de tensión
h	garganta de soldadura
l	longitud de soldadura
σ	esfuerzo normal
V	volumen
H	altura parte de pirámide
h	altura parte de rectángulo
r	radio
σ_f	esfuerzo admisible para acero
P_T	presión total de trabajo
P_v	presión fondo tolva
ρ	densidad
g	gravedad
K	valor constante
μ	coeficiente fricción
g_c	constante $1Kg \cdot m/N \cdot s^2$
P_w	presión pared tolva
m	masa
dpi	medida de resolución de una imagen
OPC	cilindro del cartucho láser
PCR	eje de goma de la unidad de imagen de un cartucho láser

RESUMEN

El presente trabajo consiste en el diseño y construcción de una estación de trabajo para poder lograr remanufacturar 6 cartuchos de impresión láser a blanco y negro por hora en la Empresa AB Distribuciones ubicada en Quito - Ecuador.

Basado en la necesidad de la Empresa en mejorar el área de trabajo y el proceso productivo se procedió a diseñar y construir una estación que será de ayuda para prevenir contaminación ambiental, los riesgos laborales y mejorar las condiciones operacionales.

De igual manera la estación de trabajo semiautomática aumentará la producción por cartucho remanufacturado debido al menor tiempo de recarga, siendo más fácil la operación.

Se realizó un estudio basado en la necesidad de controlar la contaminación del polvo hacia el medio ambiente, el cual determinó el diseño de la estación de trabajo que cumple con los objetivos propuestos, logrando un ambiente laboral más seguro, manteniendo una máxima limpieza posible en el área de remanufactura y así poder garantizar la calidad y presentación del cartucho láser.

Se elaboró el dimensionamiento de los componentes necesarios para la elaboración de la máquina, el cual está conformado por un sistema de distribución de polvo, el diámetro del extractor de polvo con sus respectivos filtros, el circuito de alimentación y control, la posición de cada uno de los elementos de automatización que se necesita para la fácil elaboración de un cartucho remanufacturado. Con cada uno de estos elementos se realizó los cálculos pertinentes para poder asegurar un correcto funcionamiento y construcción de la estación de remanufactura.

Palabras claves: extractor de aire, sistema de distribución de polvo, remanufactura, filtros de aire, sensores de peso, tóner, riesgos, protección al medio ambiente.

ABSTRACT

The present work consists of the design and construction of a work station to be able to achieve the remanufacturing of 6 black and white laser print cartridges per hour in the Company AB Distribuciones located in Quito - Ecuador.

Based on the need of the company to improve the work area and the production process, a station was designed and built to help prevent environmental contamination, labor risks and improve operational conditions.

In the same way, the semiautomatic work station will increase the production per remanufactured cartridge due to the shorter recharge time, making the operation easier.

A study was carried out based on the need to control dust contamination towards the environment, which determined the design of the work station that meets the proposed objectives, achieving a safer work environment, maintaining maximum possible cleanliness in the remanufacturing area and thus be able to guarantee the quality and presentation of the laser cartridge.

The sizing of the necessary components for the elaboration of the machine was elaborated, which is conformed by a dust distribution system, the diameter of the dust extractor with its respective filters, the feeding and control circuit, the position of each one of the automation elements that are needed for the easy development of a remanufactured cartridge. With each of these elements, the pertinent calculations were carried out in order to ensure the correct operation and construction of the remanufacturing station.

Key words: Air extractor, dust distribution system, remanufacturing, air filters, weight sensors, toner, risks, environmental protection.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, en Ecuador la remanufactura y recarga de los cartuchos láser ha sido una opción económicamente viable que reemplaza de cierta manera a un cartucho láser nuevo. Cada remanufactura está realizada con partes y piezas originales de nuestro proveedor ya que al utilizar las carcasas originales de los cartuchos se garantiza un óptimo funcionamiento del componente remanufacturado al momento de ser usado por el consumidor.

AB Distribuciones cuenta con un local ubicado en Quito y este se encarga de remanufacturar alrededor de 40 cartuchos por día, por lo que se tuvo la urgencia de invertir en una máquina que realice la tarea tanto de distribuir el polvo del tóner como de garantizar una limpieza dentro del área de trabajo para así garantizar a sus trabajadores un área de trabajo libre de polvo, que a lo largo del tiempo puede ocasionar ciertas enfermedades.

El tóner remanufacturado es elaborado por un proceso en serie que empieza por la compra del mejor polvo de tóner específico de cada cartucho ya que algunos cartuchos láser necesitan otro tipo de polvo y AB Distribuciones se encarga de contar con cada tipo de polvo específico para cada cartucho, estos pasan por cuatro procesos para culminar la remanufactura. El proceso de desarmado que consiste en desarmar al cartucho láser hasta dejarlo en total despiece pasando de ser un cartucho láser a un conjunto de partes separadas, que juntas vuelve a ser un cartucho láser funcional.

La segunda etapa del proceso se trata de la limpieza de cada una de las partes que conforman el cartucho láser, en este proceso se limpiaran algunas de las partes de la remanufactura que no pueden ser reemplazadas en el cartucho láser. El resto de partes como cilindro, cuchillas, pcr, rodillo revelador o magnético (dependiendo del modelo de cartucho) son desechadas para ser cambiadas por partes nuevas, generalmente, este proceso de limpieza se lo realiza mediante una aspiradora modelo 3M y un extractor de aire.

El tercer proceso es el proceso de rellenado de polvo. En este proceso, el polvo estará girando en una tolva trapezoidal mediante un tonillo sin fin que distribuirá el polvo a un conducto unido por una manguera neumática que llegará hasta el cartucho

que se encuentra ubicado en una balanza con un sensor de peso, mediante una pantalla HMI se podrá seleccionar la cantidad de gramos que el polvo necesita para su correcto funcionamiento para así aprovechar al máximo el polvo que se vaya a utilizar.

El cuarto proceso hace referencia al armado y empaquetado del cartucho láser en donde se vuelven a unir las piezas del cartucho láser para después llevarlo a un test de funcionalidad (en la mayoría de los cartuchos láser) para luego proceder a empaquetarlos en fundas de dedos y guardarlos en sus respectivas cajas para la venta al público.

Al no existir una adecuada ventilación del polvo de tóner dentro del área de trabajo de remanufactura la calidad del proceso de remanufactura se ve muy afectada y no permite que exista un correcto relleno del cartucho así como una limpieza óptima para su venta. También el proceso de remanufactura tiene un tiempo demasiado elevado produciendo una ineficiencia obteniendo tiempos muertos y paradas no planificadas de la producción.

Es por esto que mediante el presente proyecto se procederá a diseñar y construir una estación de trabajo que permita al operario a realizar el proceso de remanufactura sin tener ninguna contaminación en el cartucho láser, asimismo la estación de trabajo va a ser capaz de controlar la distribución de polvo en el proceso de relleno y así garantizar la cantidad completa de polvo que necesita cada cartucho láser para su funcionamiento, y esto será posible en menor tiempo del que se lo realiza manualmente.

Actualmente, AB Distribuciones, ubicada en Quito realiza la remanufactura de cartuchos láser de manera manual. Los cartuchos pasan por el proceso de limpieza sin ningún tipo de extracción de desechos para luego limpiar el cartucho mediante una aspiradora. Un 80% es absorbido por la aspiradora mientras que el otro 20 % es contaminación hacia el medio ambiente.

El proceso de recarga se lo realiza con una balanza común poniendo el polvo en un contenedor y pesando la cantidad requerida del cartucho, luego el cartucho es limpiado por paños para reducir la contaminación en el cartucho para luego empaquetarlo y venderlo al público.

Se pretendió implementar una estación de trabajo de remanufactura de cartuchos láser para que así logre captar la mayor parte de los desechos a un extractor de aire y mediante un sistema de distribución de polvo poder regular la cantidad exacta de polvo que necesita el cartucho láser. Para ello se propuso un control de la distribución del polvo mediante una automatización de la estación de trabajo para minimizar la contaminación hacia el medio ambiente y al mismo tiempo optimizar el proceso de remanufactura al poder controlar la cantidad exacta que necesita cada cartucho láser para su funcionamiento reduciendo el tiempo entre cada remanufactura aumentando la producción y obteniendo mayores ganancias.

El objetivo general es diseñar y construir una estación de trabajo para el proceso de remanufactura de 6 cartuchos de impresión láser a blanco y negro por hora en la Empresa AB Distribuciones ubicada en la Ciudad de Quito.

Los objetivos específicos son:

Seleccionar una mejor alternativa para que el proceso de remanufacturación.

Optimizar el tiempo de trabajo por cada cartucho elaborado y a la vez no llegue a contaminar el área de trabajo y el ambiente.

Diseñar una estación de trabajo para que el proceso de remanufactura permita la elaboración de 6 cartuchos láser a blanco y negro en 1 hora de trabajo.

Escoger los elementos estandarizados adecuados para el correcto uso de la estación de trabajo para un óptimo rendimiento.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

Partiendo de la necesidad de mitigar la contaminación en el sitio de trabajo de remanufactura de cartuchos láser, se ha desarrollado el presente proyecto de titulación. Esta estación de trabajo pretende disminuir la contaminación del polvo de tóner, ser eficaz y facilitar la remanufactura de cartuchos tóner. Se construye cada segmento de dicha estación basándose en los requerimientos del operario, siguiendo con las respectivas pruebas, comprobando la calidad del cartucho remanufacturado.

1.1.Tóner

1.1.1. Definición

El tóner se puede definir como una sustancia o polvo fino en donde esta se ha cargado eléctricamente, el tóner principalmente es utilizado en una variedad de máquinas como máquinas de fax, fotocopadoras, impresoras láser, entre otros [1] [2] [3].

El objetivo principal del polvo de tóner es formar una imagen en una hoja de papel en donde este pasa a través de una copiadora o impresora [2], y mediante la característica de que ha sido cargado eléctricamente el tóner viaja a través del cartucho láser hasta tener una exposición directa con el papel mediante una inversión de cargas en la impresora y en el cartucho láser para realizar el proceso de impresión [4].

El polvo de tóner cuando se encuentra en el proceso de impresión pasa a través de la impresora por medio de rodillos que están a una elevada temperatura, estos rodillos cumplen la función de fundir el tóner dentro de la textura del papel durante el proceso de fusión, en donde tanto al papel como al polvo de tóner son sometidos a una presión y a una temperatura elevada [1] [4] [3].

1.1.2. Composición del tóner

La composición del polvo de tóner no es única ya que el polvo se elabora dependiendo del fabricante, el nombre y el modelo de la impresora. Sin embargo, los componentes utilizados para elaborar el polvo del tóner son resinas acrílicas,

magnetita, óxido de hierro, carbón, y compuestos no degradables [2]. Asimismo el principal ingrediente del polvo de tóner es un polímero cuya función es adherir el polvo a la máquina cuando se encuentran en el proceso de fusión en la impresora [5].

El componente principal que se utiliza para elaborar este polímero es propio de cada fabricante, un ejemplo de este es la empresa HP cuyo componente principal para la elaboración de este polímero es el co-polímero estireno acrilato [5]. Sin embargo, otros fabricantes prefieren utilizar resina de poliéster. Este polímero independientemente de que material se lo fabrique representa el 60% de todos los componentes utilizados para la elaboración del polvo de tóner [6]. Todos los ingredientes que son utilizados son mezclados juntos en muchos casos se ha visto que las partículas de estos ingredientes no van a ser del mismo tamaño pero con el paso del tiempo esto se soluciona mediante procesos químicos sofisticados en donde se elabora el polvo de tóner con una mayor eficiencia y calidad [7] [8].

1.1.3. Factores de diferenciación entre polvos de tóner

Actualmente, existen diferentes tipos de polvo de tóner para realizar el proceso de remanufactura, uno de los más comunes es el que está constituido por micro partículas. Este es el método más eficiente para realizar impresiones de calidad, ya que su principio de elaboración se basa en un polvo fino volátil, estas micro partículas están conformadas principalmente por metales como el carbón, hierro y además de cianuros inorgánicos y acrílicos entre otros [1] [9].

Los factores de diferenciación entre usos de tóner son:

- Elaboración del polvo de impresión
- Velocidad de impresión
- Calidad de la imagen
- Motor de impresión

1.1.4. Elaboración del tóner

El tóner está dividido por su forma de elaboración, una de ellas es la convencional, que se utilizaba hasta hace unos 9 años esta elaboración convencional consistía en mezclar todos los componentes del polvo de tóner para después pulverizarlos ver Figura 1, hasta poder obtener un aspecto como pasta donde se le triturbaba hasta niveles microscópicos [1] [9] [10]. Pero este método no era muy eficiente ya que se

obtenían granos microscópicos ver Figura 2, muy irregulares debido a la inexistencia de parámetros que ayuden a la elaboración de granos del mismo material.

Su segunda forma de elaboración es mediante un proceso químico. Este proceso es más costoso que el convencional ya que se utilizan polímeros cuya función es aglutinar todas las minúsculas partículas de tóner [1], esto hace que se obtengan mejores resultados en la impresión como una mayor resolución, mejor brillo y a su vez una mayor cantidad de impresiones ya que el tóner se dispersa de mejor manera por toda la hoja [9].

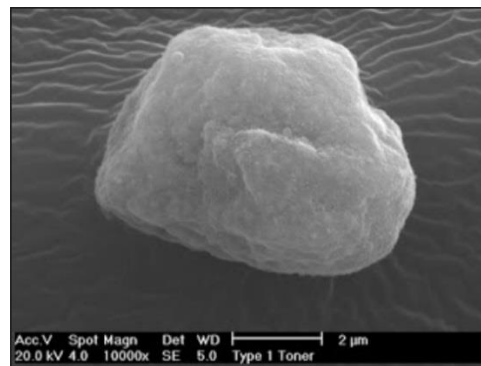


Figura 1. Partícula polvo pulverizado 1 [11]

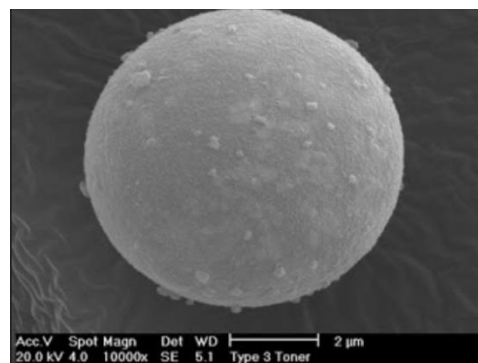


Figura 2. Partícula polvo químico 1 [11]

1.1.5. Velocidad de impresión

La competencia de cada proveedor de impresoras láser cada año lanzan nuevas impresoras al mercado, convenciendo al consumidor de que es mucho mejor que versiones anteriores pero la realidad es otra ya que apenas ofrecen pequeñas diferencias entre modelos [12]. Para el tóner la velocidad de impresión va a variar

dependiendo del tipo de resinas que lo conforman [1], por ejemplo si usamos un polvo de tóner para una impresora que imprima 20 páginas por minuto, esta no va a trabajar de la misma forma que una impresora que imprima 50 páginas por minuto, esto se debe a que cada modelo de impresora utiliza un polvo de tóner diferente, en el primer caso el polvo de tóner trabaja con un tipo de resinas que soporten una temperatura de fusión más elevada que la del segundo caso [9]. Y si usáramos el polvo de tóner del primer caso en el segundo lo que llegaría a ocurrir sería que el tóner nunca llegaría a fijarse adecuadamente al papel haciendo que el tóner se desprenda con rapidez [1] [9].

1.1.6. Calidad de la imagen

La calidad de una imagen está relacionada por el número de píxeles que constituye una imagen, mientras mayor sea la imagen mayor será la resolución [13]. Esto también depende de otros factores como el tiempo de uso de la impresora, el mantenimiento previo que se ha dado a la impresora, así como también las condiciones de las piezas y partes fundamentales de la impresión, pero para que la resolución sea excelente depende del polvo de tóner que se utilice ya que no es lo mismo utilizar un polvo de tóner específico para impresiones a 600dpi en una máquina que realiza impresiones a 1200 dpi, esto hace que la resolución de la impresión se vea afectada [1] [9].

1.1.7. Motor de impresión

Los polvos para cartuchos láser se pueden agrupar dos categorías: magnéticos y electroestáticos. Esta agrupación funciona según el motor de impresión con que esta armada la máquina para imprimir [1]. Regularmente marcas como HP o Canon usan mayoritariamente en sus impresoras blanco y negro rodillos magnéticos, mientras que Samsung o Lexmark usan rodillos reveladores. También se encuentra una tercera agrupación, el cartucho láser bi-componente (cartucho mucho más elaborado comúnmente llamado revelador).

1.2. Cartuchos de impresión láser

1.2.1. Definición

Los cartuchos de impresión láser son un insumo que forma parte de una impresora láser cuya función consiste en plasmar textos, gráficos y cuadros en una hoja de

papel utilizando como medio de impresión el polvo de tóner. Esta impresión es mucho más rápida, ya que funciona por medio de un láser que a través de impulsos eléctricos graba lo que queremos imprimir en un tambor donde es llenada la imagen por el polvo de tóner para al final someterse a un proceso de temperatura y calor.

1.2.2. Tipos de cartuchos láser en el mercado actual

En el Ecuador se tiene una amplia variedad en cuanto a que tipo de cartucho vamos a comprar, esto va a depender de nuestra capacidad de pago y hacia donde está destinado el cartucho láser si va a ser de uso doméstico o para algún trabajo profesional.

Aquí se detallan los tipos de cartucho en oposición al cartucho original:

- Cartucho remanufacturado
- Cartucho relleno
- Cartucho compatible
- Cartucho falsificado

1.2.3. Cartucho remanufacturado

Cuando el cartucho láser original se encuentra en uso este está protegido por leyes de patentes y resulta ilegal copiarlo, por lo que para conservar la misma calidad la única alternativa fue la remanufactura. Esta remanufactura utiliza un cartucho láser usado, que se lo abre completamente para limpiarlo y colocar nuevos componentes, para luego rellenoarlo con polvo de tóner, por una persona distinta al fabricante (sin autorización o intervención del fabricante original) [4] [9].

Los cartuchos remanufacturados ofrecen equivalente calidad, rendimiento en comparación con los estándares OEM. Durante la remanufactura, los cartuchos son desmontados y sometidos a una inspección técnica. Las piezas desgastadas, defectuosas y de alto uso son reemplazados. Las unidades se rellenan con tóner, se vuelven a ensamblar, se prueban con respecto a la calidad y se revenden [14].

1.2.4. Cartucho relleno

Este tipo de cartucho es también conocido como cartucho recargado, en Ecuador el servicio de recarga de cartuchos es el más común entre todos los demás tipos de cartuchos ya que representan un ahorro de casi el 75% de dinero de lo que valdría un

original. Generalmente utilizan un cartucho OEM en donde se le rellena con polvo de tóner por una persona distinta al fabricante [9]. Pero este tipo de cartuchos tiene ciertos problemas ya que tanto el rendimiento como la calidad no va a ser la misma que un original o un remanufacturado ya que la recarga de cartuchos láser se le hace sin estándares de calidad y utilizando las mismas piezas con las que el cartucho láser llega al centro de recarga.

1.2.5. Cartucho compatible

También conocidos como genéricos. La principal diferencia en este tipo de cartucho, es OEM, ya que no es producido por el fabricante original que creó la impresora, en este tipo de cartuchos el modelo de carcasa no puede ser el mismo que el del original, ya que se estaría infringiendo la ley de patentes, que existe en ese cartucho [4] [9].

En este tipo de cartuchos las partes y piezas originales no son compatibles ya que debido a la patente se debe crear nuevos modelos y tecnologías, variando medidas de las piezas, entre otras. Dado que no son originales su precio es mucho más bajo llegando a compararse con un remanufacturado [8].

1.2.6. Cartucho adulterado

Es un cartucho láser que puede ser nuevo o usado, No fue elaborado por el fabricante original, sino por una persona distinta al fabricante, que se lo vende como un cartucho láser original [9].

1.3. Partes de un cartucho láser

El cartucho láser internamente consta de muchas piezas que funcionan en conjunto para su correcto funcionamiento estas son:

- Carcasa del cartucho láser
- Cuchilla dosificadora
- Rodillo magnético
- Recipiente de desecho
- Cuchilla limpiadora
- Rodillo de carga primaria o PCR
- Drum o unidad de cilindro

1.3.1. Carcasa del cartucho láser

Aquí se ubica el polvo de tóner que se fusionara más adelante de forma magnética en la hoja de impresión.

1.3.2. Cuchilla dosificadora (Doctor Blade)

Esta se encarga de controlar cuanto polvo de tóner se distribuye por el rodillo magnético. Con mucho uso esta puede dañarse y así crear líneas en la impresión que no existen en el documento a imprimir.

1.3.3. Rodillo magnético (Magnetic Roller)

Es un eje que se lo magnetiza y se encarga de trasferir el polvo de tóner desde la tolva para comenzar la impresión del documento. El rodillo cuenta con una ligera capa elaborada a base de teflón para evitar una adherencia del polvo de tóner.

1.3.4. Cuchilla limpiadora (Wiper Blade)

Se encarga de asear completamente el polvo de tóner que no ha sido cedido al papel de impresión, esta cuchilla retira el polvo de tóner a la tolva donde se depositan los restos del polvo. Con el tiempo la cuchilla se deteriora y produce un desgaste en el cilindro del cartucho láser.

1.3.5. Rodillo de carga primaria (Developer Roller)

Está conformado por un rodillo de acero cubierto con caucho dejando libre solo sus extremos, su principal trabajo es conducir una carga eléctrica hacia la cara superior de la unidad de cilindro, haciendo que el láser de la impresora pueda dibujar sobre ella cuando se realiza la acción de imprimir.

1.3.6. Unidad de cilindro (Drum Unity)

Este componente dispone de varios colores y pueden ser de verdes o azules y sus modelos varían dependiendo del tipo de cartucho láser generalmente cuentan con un engrane en uno de sus extremos para permitirle girar. Este componente recibe una carga negativa que viene por parte del rodillo de carga primaria y sirve para

impregnar el polvo de tóner a la hoja de impresión. La unidad de cilindro se la fabrica en capas y estas son:

- **Capa de imprimación:** Sirve para unir la parte de aluminio del cilindro con su parte interna
- **Capa de carga de generación:** Se encarga principalmente de crear las cargas en la parte superficial del cilindro para poder unir el polvo de impresión con la unidad de cilindro, generalmente es muy delgada
- **Capa de transporte de carga:** Sirve como una cortina que da paso al láser de la impresora con la capa de generación, para poder crear el diseño que se realizó desde el documento de impresión

Empezando a analizar cada una de las partes del cartucho láser podemos decir que la unidad de imagen u OPC (Drum) es el más utilizado en el proceso de impresión. Este componente es el más importante dado que un cilindro en excelente estado garantiza un 80% la calidad de impresión que va a tener el trabajo a imprimir, mientras que la cuchilla limpiadora está constituida por una ligera lámina de poliuretano que está unida a una pieza metálica, cuya función es asear toda la parte de la unidad de imagen que no se utilizara para la impresión requerida y llevarlos a la tolva de desechos de polvo de tóner.

Otro componente a tomar en cuenta para asegurar la calidad de impresión es el rodillo de carga primaria, ya que como se explica anteriormente se encarga de dar una carga eléctrica al Drum y si este no cuenta con una buena conductividad eléctrica el Drum no estará correctamente cargado haciendo que la impresión no salga con su verdadero color sino más bien unos tonos más claros. Este componente siempre se encuentra ubicado debajo del cilindro de imagen [15].

1.4. Principio de funcionamiento de un cartucho láser

El principio de funcionamiento de un cartucho láser va ligado con comprender el funcionamiento de una impresora láser, dado que el cartucho láser es un consumible de la impresora tienen que necesariamente trabajar juntos [4].

En el proceso de cómo se forma una imagen dentro de una impresora consta de varias etapas, estas etapas hablan acerca de cómo un cartucho láser puede crear e imprimir algo mediante una orden desde el ordenador. A continuación, tenemos las siguientes etapas:

1.4.1.1. Primera etapa

Sucede cuando el rodillo de carga primaria (PCR) transmite un voltaje DC negativamente a la superficie del drum o cilindro haciendo que todo el cilindro quede negro ver figura 3. La cantidad de carga DC que trasmite el PCR es controlada por la intensidad de la impresora. Este proceso hace parte de la formación de la imagen [16].

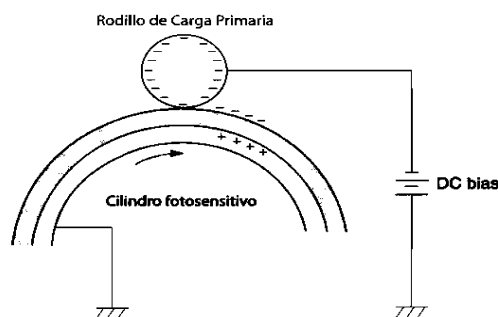


Figura 3. Transmisión de carga del PCR al drum [16]

1.4.1.2. Segunda etapa

En esta etapa un láser va dirigido a un escáner cuya cualidad es girar haciendo que el láser se dirija a una serie de espejos para finalmente llegar al cilindro o drum. Este láser tiene la finalidad de cargar negativamente el cilindro y dejar una imagen electrostática en el cilindro.

1.4.1.3. Tercera etapa

En esta etapa se realiza la revelación de la imagen en el cilindro por medio del rodillo revelador y la cuchilla dosificadora, esta cuchilla también tiene el efecto de cargar estáticamente el tóner para que la distribución del tóner sea pareja.

1.4.1.4. Cuarta etapa

En esta etapa la imagen que se encuentra en el cilindro es transferida al papel, el papel pasa a través de un rodillo de transferencia cuya función es cargar

positivamente la parte trasera del papel. Como la imagen del tóner está cargada negativamente. Esta se transfiere al papel por cargas eléctricas. Cumpliendo el principio que cargas diferentes se atraen.

1.4.1.5. Quinta etapa

El papel se desprende totalmente del cilindro y pasa a través de un fusor a una elevada temperatura haciendo que el tóner no se desprenda del papel.

1.4.1.6. Sexta etapa

El cilindro es limpiado por medio de la cuchilla de limpieza haciendo que el tóner sobrante se almacene en la sección de depósito del cartucho láser, y así sucesivamente sigue el curso de impresión.

1.5. Proceso de remanufactura de un cartucho láser

Generalmente, el proceso de remanufactura es diferente dependiendo de la marca de la impresora [17], pero todas las remanufacturas siguen los mismos pasos y estos son:

- Desarmado de la carcasa
- Limpieza de la carcasa y tolva de desechos
- Rellenado de polvo de tóner
- Cambio de piezas usadas
- Armado de carcasa
- Control de calidad de impresión
- Empaque del cartucho láser
- Almacenamiento del cartucho láser

1.6. Sistemas de extracción de polvo

En la industria varias empresas se dedican a la venta, diseño e instalación de equipos con la capacidad de controlar distintos tipos de polvo, y en este caso se necesita un sistema de extracción que sea capaz de absorber polvo contaminante como partículas [18]. Estos sistemas de extracción funcionan con distintos principios operativos y metodológicos, los más empleados en las industrias son:

- Extracción de polvo por medio de cámaras de sedimentación

- Extracción de polvo por medio de separadores centrífugos
- Extracción de polvo por medio de filtros de tela
- Extracción de polvo por medio de precipitadores electrostáticos

1.6.1. Extracción de polvo por medio de cámaras de sedimentación

Este sistema de extracción consta de cámaras grandes en donde se introduce el aire contaminado, estas cámaras están previamente diseñadas de acuerdo a la necesidad del trabajo donde se aplique.

El aire contaminado se moviliza por acción de la gravedad y son depositadas en la parte inferior de la cámara del sistema.

Este sistema es muy eficiente y se utilizan comúnmente en partículas que superen las 1000 micras de tamaño y tengan una densidad elevada.

1.6.2. Extracción de polvo por medio de separadores centrífugos

Este sistema funciona a través de una cámara que utiliza la fuerza centrífuga para que las partículas de aire contaminado se adhieran a las paredes de la cámara para que después se almacenen a una tolva de desechos.

Este tipo de extractores tienen una eficiencia del 95% y comúnmente son utilizadas en partículas que no superen las 50 micras de tamaño, ya que si las partículas son muy grandes se necesitara una mayor fuerza centrífuga para que estas partículas se adhieran a las paredes.

1.6.3. Extracción de polvo por medio de filtros de tela

En estos equipos funciona mediante una serie de filtros que por lo general son elaborados de tela, el aire contaminado pasa por estos filtros quedándose adheridos a ellos. La eficiencia en estos sistemas llegando al 99% y puede manejar volúmenes altos de aire contaminado y son generalmente utilizados para partículas de polvo de 0.5 micras, en estos sistemas el aire contaminado debe estar totalmente secos, ya que de lo contrario el polvo puede llegar a tapar las bolsas y en casos más graves pueden quemarlas.

1.6.4. Extracción de polvo por medio de precipitadores electrostáticos

En este sistema de extracción el aire contaminado es sometido a un proceso de ionización, en estos sistemas existen placas que están cargadas contrarias a las del aire contaminado ionizado haciendo que el aire contaminado se adhiera a las paredes. Al momento en que las placas se encuentren totalmente llenas de polvo, estas son sacudidas haciendo que el polvo caiga a una tolva de desechos. La eficiencia en estos desechos es muy alta llegando al 99% y funcionan hasta con partículas de hasta 0.2 micras de tamaño además de manejar volúmenes considerables de aire contaminado.

1.7. Sistema de dosificación de polvo

Un dosificador es una máquina provista de un mecanismo que sirve para suministrar una sustancia y/o material sólido en cantidades determinadas, se puede encontrar de diferentes tipos tales como:

1.7.1. Dosificador de tornillo sin fin

En este tipo de dosificadora su funcionamiento consiste en un tornillo sin fin y son muy utilizados para materiales en polvo o granulados [19]. Esto se debe a que la consistencia del material no circula de manera uniforme y al manipular forma una nube de polvo que contamina el ambiente y a la vez desperdicia el material [20].

El principio de funcionamiento es un tornillo con conexión a un motor reductor para que este gire a baja velocidad, todo esto estará controlado por un PLC como se observa en la Figura 4.



Figura 4. Dosificador de tornillo sin fin [21].

1.7.2. Dosificador volumétrico

Este dosificador tiene la capacidad de dosificar con gran precisión todo tipo de materiales sólidos, cuando el volumen es muy importante al momento de empaquetar el producto [22] ver Figura 5.



Figura 5. Dosificador Volumétrico [23]

1.7.3. Dosificador gravimétrico

Dosificador idóneo para productos no homogéneos y de consistencia irregular, son utilizados debido a su precisión [24]. El principio de operación de este tipo de dosificador es la medición de una cantidad de peso en un tiempo específico, que puede ser realizado con rosca simple, doble, o cinta transportadora; todo se controla por medio de un sensor enviando señales para la extracción continua del material tal como se observa en la Figura 6.



Figura 6. Dosificador Gravimétrico [25].

1.8. Contaminación hacia el Medio Ambiente

El medio ambiente es definido como el entorno que nos rodea, donde el ser vivo puede interactuar con otros seres vivos sean animales y/o vegetales. Las interacciones formadas en el espacio físico de nuestro planeta por personas, automóviles, aire, animales, naturaleza conllevan a un impacto ambiental.

En él, actualmente existe un elevado grado de contaminación debido a la industrialización y crecimiento económico que ha tenido el planeta en el último siglo [26]. Gobiernos del mundo entero se han unido para crear organizaciones y leyes donde cada país obligatoriamente participó en la mejora del medio ambiente como resultado de esto se han realizado campañas de reciclaje, reducción de polución, incremento de regulaciones en varias ciudades del mundo [27].

Así mismo se espera encontrar la causa de la contaminación; donde existen diversos factores que contribuyen a que el planeta se deteriore, entre estos está el desarrollo de nuevas tecnologías; a pesar de que es una gran ayuda para el ser humano, genera gran cantidad de desperdicios y contaminantes como gases de efecto invernadero, plásticos, metales, químicos, desechos bioquímicos, alimenticios; muchos de estos no se degradan [28].

Los desperdicios electrónicos están en alza, la actualización de cada tecnología y el desarrollo de nuevas va a la par con el desperdicio, computadoras, teclados, cables, impresoras, cartuchos, tintas son desperdiciados en cantidades exorbitantes; grandes espacios de tierras son contaminados diariamente por estos desechos que tienen sustancias dañinas.

Por este motivo la contaminación al medio ambiente por tóner, es incalculable, este tipo de polvo contiene materiales tóxicos como monóxido de carbono, silicio, hierro, polímeros, cromo, zinc, cadmio; de acuerdo a la gestión ambiental de cada país pues no se tiene récords de cómo se podría reciclar este tipo de polvo durante la remanufactura de los cartuchos, este proceso solo es conocido para el reciclaje del cartucho, más no del contenido de éste [29].

El impacto negativo que causa este material es, alteraciones a la capa de ozono, al suelo, baja calidad del aire tanto dentro como fuera del área de trabajo [30]. En nuestro país no existe un conocimiento aún del tóner, mucho menos del reciclaje de este en el momento del proceso de limpieza del cartucho.

1.9. Identificación de la medida general de contaminación

En nuestro país no existen regulaciones de control de los desechos de cartuchos tóner, esto implica que tampoco hay una norma de reciclaje para el desecho del tóner que es más contaminante que el mismo cartucho.

Sin embargo, existen empresas como HP que en Ecuador han creado una forma de reciclar cartuchos tóner ya utilizados; tienen una serie de condiciones como desechar en un cartón que no exceda el 1m de largo, ancho y espesor.

Este tipo de reciclaje que lo hace la misma empresa no aplica para cartuchos que ya hayan sido remanufacturados o que hayan perdido la garantía. Esto ayuda en parte a nuestro país para que este tipo de desechos no vayan directo a la basura provocando más contaminación [31].

1.10. Definición del puesto de trabajo

La Empresa AB Distribuciones está ubicado en la Ciudad de Quito en el Barrio Santa Clara, calles Ulloa y Ramírez Dávalos.

Es un local de 30 metros cuadrados ubicado en un edificio en el segundo piso, en ese espacio de trabajo consta de una mesa donde se encuentra todos los implementos necesarios para la remanufactura y como equipo un ventilador que ayuda a mantener la recirculación del aire e impulsarlos hacia afuera del área de trabajo.

1.11. Agresiones o contaminaciones existentes en el puesto de trabajo

En el puesto de trabajo existen herramientas y equipos que pueden provocar daños como un ventilador si no son usados correctamente. Las contaminaciones existentes en el puesto de trabajo están en el tóner, que es el principal contaminante, fuera del lugar es el ruido ya que al tener abierta una ventana el ruido externo proveniente del movimiento vehicular y afecto la mayor parte del tiempo al operario.

1.12. Riesgos del puesto de trabajo

En este puesto de trabajo existen diferentes riesgos como son: riesgos químicos, ergonómicos, mecánicos y físico.

1.12.1. Riesgos Químicos

Durante la realización de ciertos procesos de trabajo existen contaminantes químicos muy nocivos para el ser humano (operarios), conllevando a enfermedades respiratorias producto a las actividades profesionales, estas son contraídas dentro del puesto de trabajo debido a la manipulación de sustancias.

En este caso el tóner utilizado contiene muchos agentes químicos contaminantes, las secuelas no dependen de la cantidad y el tiempo de manipulación.

1.12.2. Riesgos Ergonómicos

La actividad que se realiza en la Empresa requiere de varios movimientos cíclicos y posturas, que puede resultar incómodo en varias ocasiones, esto se debe a que en el espacio de trabajo se necesita estar de pie para manipular los cartuchos al momento del remanufactura, no quedando la mesa de trabajo en ocasiones a la altura adecuada.

Así mismo en el espacio de trabajo, la mala postura, movimientos bruscos repetitivos tienden a dañar la espalda, piernas, brazos, ocasionando lesiones musculares [32] [33].

Sin embargo, pueden existir otros riesgos como obstáculos en el área de trabajo, la disposición de seguridad industrial establece que en los pasillos no se debe tener herramientas y/o obstáculos que afecten el tránsito de los operarios.

1.12.3. Niveles de ruido

Los niveles de ruido en el local de trabajo son se basa por la maquinaria utilizada para el proceso de remanufactura la cual se utiliza por un tiempo máximo de 30 min al día. Dando que el área donde se trabaja da directamente a la calle por donde pasan buses y automóviles constantemente, los niveles máximos de decibeles para no afectar a las personas está en la siguiente Tabla 1.

Tabla 1 Decibeles en diferentes tipos de vehículos [34]

TIPOS DE VEHÍCULOS	DESCRIPCIÓN	dB
Motocicletas	Motocicletas de 2 y 4 tiempos	90
Vehículos livianos	Vehículos de hasta 3.5 ton	88

Vehículos pesados	Vehículos para carga igual o superior a 3.5 ton	90
Buses	Buses, camiones superior a 3.5 ton	90

Elaborado por: Pablo Arciniega & María Jose Sntaxi

1.12.4. Niveles de iluminación

Dentro del área existen varios tipos de especificaciones físicas que se requiere, entre estas son los niveles de iluminación, estos requieren ciertas condiciones como:

- Tipo de trabajo
- Nivel de trabajo
- Distribución de iluminación y color de luz

En el área de trabajo dispuesta para nuestro uso los niveles de iluminación están medidos por la utilización de dos focos incandescentes ahorradores y la luz solar que entra por la ventana de medidas 2m x 1m. La medición se basa en las condiciones atmosféricas diarias provistas en la siguiente Tabla 2:

Tabla 2 Luminaria en condiciones atmosféricas [32]

CONDICIONES ATMOSFÉRICAS	ILUMINANCIA (LUX)
Luz solar	107527
Luz atardecer	10752
Luz día nublado	1075
Luz día nublado lluvia	107

Elaborado por: Pablo Arciniega & María Jose Sntaxi

1.13. Efectos en la salud por manipulación de tóner

Los componentes que contiene el cartucho tóner son los principales causantes del desarrollo de enfermedades en el ser humano [30].

Los efectos de la constante exposición del ser humano con el tóner aún son inconclusos. Sin embargo, los pocos estudios realizados con personas que trabajan a diario con este tipo de materiales tienden a inhalar partículas de tamaño que varía de

0,1 -10 μm y tamaño ultra fino 5 -350 nm equivale a la absorción de partículas de un fumador.

Los cartuchos tóner como anteriormente se dijo contienen materiales altamente tóxicos, dañinos para el ser humano especialmente en el proceso de remanufacturación, ensamblaje o durante el mantenimiento del cartucho [29]. Sin embargo el proceso de fotocopiado, impresión es también causante de enfermedades ya que al momento de la adherencia del polvo al papel este tiende a comportarse como aerosol [34].

Los efectos causados por los años de manipulación de tóner pueden ser, reacciones alérgicas en la piel; irritación de ojos, mucosas nasales, faringe; problemas respiratorios como inflamaciones de los pulmones, faringe y laringe.

1.14. Definición de los medios de protección personal

Para el proceso de remanufactura se necesita tener varias precauciones y protecciones tanto colectivas como individuales que son obligatorias para el operario, estas deben proteger el cuerpo humano riesgo residual como los residuos de tóner.

- Protección respiratoria, se hace necesario y obligatorio el uso de un medio como mascarillas reutilizables media cara para polvos, debido a que el tóner es de grado fino puede traspasar el material de las mascarillas desechables.
- Medios de protección para manos se usará guantes de hilaza con látex, nitrilo, PVC o Neopreno.
- Protección visual, es necesario un medio de protección como lentes claros o gafas de protección como las monogafas antifog con banda elástica.

Y en general se usará ropa de trabajo como medio de protección para todo el cuerpo, adecuada ya sea uniforme personalizado de la empresa, buzos y/o overol [35].

1.15. Sistema de control

1.15.1. PLC

El PLC es un sistema que descarta casi completo al trabajo manual es de última generación. Está diseñado mayormente para el uso industrial usando una memoria programable con funciones específicas tales como secuencias lógicas, procesos de maquinaria, conteo y aritmética [36]. Esta clase de automatización es útil, de fácil uso con conexión a una PC y a una pantalla HMI [37].

La memoria de aplicación utiliza un programa con datos internos, “para que el programa corra” existen dos secuencias esenciales [38]:

La primera es el almacenamiento del código que se utilizará; la segunda parte es la aplicación que tendrá una entrada y una salida de información. El código podrá ser alterado según las necesidades del operador. Cada dispositivo PLC está clasificado en tamaños como veremos en la siguiente tabla 3 [1].

Tabla 3 Clasificación de PLC [36]

NÚMERO	TAMAÑO	CONTROLADOR ENTRADA/SALIDA
1	Micro	Hasta 32
2	Pequeño	32 a 128
3	Mediano	128 a 2048
4	Grande	1024 a 4096
5	Muy grande	2048 hasta indefinido

Elaborado por: Pablo Arciniega & María Jose Suntaxi

Los PLC's también pueden ser de dos tipos: fijo y modular; teniendo en cuenta el uso, la mejor opción es el PLC modular en esta clase de dispositivos cada programa se ubica en diferentes módulos; si uno de estos falla se puede sustituir el modulo averiado sin necesidad de parar el sistema operativo Figura 7 [37] [39].



Figura 7. PLC tipo modular [40]

1.15.2. Raspberry Pi

Consiste en un componente electrónico que tiene un tamaño parecido al de un carnet también conocida como tarjeta PI Figura 8.

No se necesita saber de codificación, y cualquier persona puede utilizarlo [41], tan solo es necesario tener conexiones tipo:

- Entrada de una conexión Micro SD
- Entrada de una conexión Micro USB a (2.1 A)



Figura 8. Raspberry Pi [41].

1.15.3. Arduino

Es un circuito electrónico integrado por componentes necesarios que permiten un uso rápido del micro controlador. Este tipo de tarjetas son de uso fácil que incluyen conexiones USB [42] [43] tal como se indica en la Figura 9.

Arduino se le usa para el desarrollar de proyectos electrónicos stand alone y de conexiones a la pc por medio de programas lógicos utilizando lenguaje C/C++ como Adobe Flash, Java, Pure Data [44]. De manera que, al utilizar el programa necesario, el hardware accederá a la ejecución de las acciones.

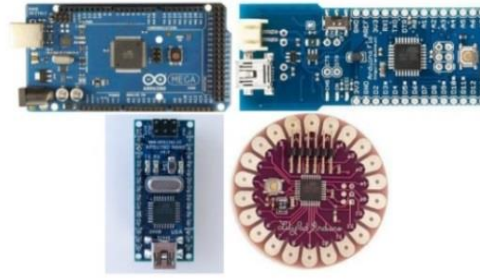


Figura 9. Tipos de Arduino [43]

CAPÍTULO II

MARCO METODOLÓGICO

En el presente capítulo se tratará sobre los procesos de remanufactura que tiene un cartucho de tóner para poder tener un rendimiento óptimo en el mercado para así competir con los cartuchos originales sin dificultad, asimismo se hablará sobre las distintas elecciones de alternativas que se disponen para poder construir la maquinaria necesaria para cumplir las necesidades propuestas en esta tesis.

2.1. Proceso de remanufactura

Como se leyó en el capítulo anterior el proceso de remanufactura consta de procedimientos que se deben seguir para que el cartucho de tóner no tenga ninguna falencia en su uso, del mismo modo cabe recalcar que no todos los cartuchos están regidos por los mismos procedimientos de remanufactura ya que estos dependerán del diseño del fabricante del cartucho de tóner, pero se tendrá la idea general de lo que se debe hacer con cualquier cartucho de tóner que se desee remanufacturar (Ver Anexo 7).

El proceso de remanufactura consta de los siguientes pasos:

2.1.1. Desarmando de la carcasa

Todo cartucho de tóner esta sellado para así evitar fugas de polvo en su interior por lo que para iniciar el proceso de remanufactura se deberá destornillar las caras laterales que unen las dos partes del cartucho de tóner láser como se aprecia en la

Figura 10, cabe recalcar que dependiendo del diseño se deberá destornillar las juntas del cartucho de tóner o en otros modelos se deberá perforar las soldaduras de plástico colocadas en las partes laterales y frontales del cartucho de tóner para así proceder al segundo paso, tal como se observa en la Figura11 .

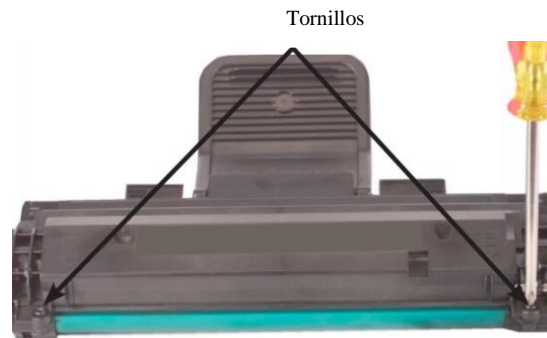


Figura 10. Desarmado de carcasa con tornillos.



Figura 11. Desarmado de carcasa con soldadura de plástico.

2.1.2. Proceso de limpieza del cartucho de tóner

Como se vio en el capítulo anterior un cartucho de tóner consta de dos partes, una donde se retiene el desecho y la otra donde está la tolva, donde va el polvo de tóner para la impresión, en esta parte del proceso de remanufactura se procederá a limpiar tanto la parte de desechos como los residuos que podrían existir en la parte donde va la tolva de polvo para impresión, como se observa en la Figura 12.

La limpieza en la parte de la tolva de impresión es necesaria, debido a que cada fabricante usa diferentes tipos de recetas para sus polvos, en el proceso de remanufactura se usa polvo de otro fabricante, por lo que se tendrá que limpiar totalmente las dos partes para que la calidad de impresión no se deteriore por la contaminación del polvo nuevo con los residuos del polvo anterior.



Figura 12. Limpieza de cartucho.

2.1.3. Rellenado del polvo de tóner

Esta parte del procedimiento de remanufactura se debe cargar el polvo de tóner nuevo como se aprecia en la Figura 13; en la tolva de polvo de impresión según la medida indicada para cada modelo de cartucho de tóner ya que si excedemos la cantidad de polvo en el llenado puede ocasionar fugas de polvo en la impresión, estas fugas pueden aparecer como manchas en el papel impreso deteriorando la calidad de impresión, mientras que si se coloca una menor cantidad de polvo de tóner puede ocasionar que el rendimiento de numero de hojas impresas vaya decreciendo disminuyendo la confianza en el producto por parte de los consumidores.



Figura 13. Carga de polvo en el cartucho remanufacturado.

2.1.4. Reemplazo de piezas usadas

En esta parte del proceso de remanufactura se procede a retirar las partes usadas del cartucho de tóner   aser que ya terminaron su vida útil, para proceder a cambiarlas por nuevas, garantizando la calidad de impresión y la confiabilidad del cartucho.

Cabe recalcar que no necesariamente se debe retirar todas las partes del cartucho de tóner, esto va a depender de las condiciones se encuentre el cartucho de tóner, pero

regularmente se cambian las partes principales de un cartucho de tóner que son el cilindro o drum, como se observa en la Figura 14, el PCR observado en la Figura 15, y por último si el cartucho de tóner se reutiliza se reemplaza el chip, en particulares ocasiones también se cambiara el rodillo magnético o el rodillo revelador dependiendo del modelo del cartucho láser.

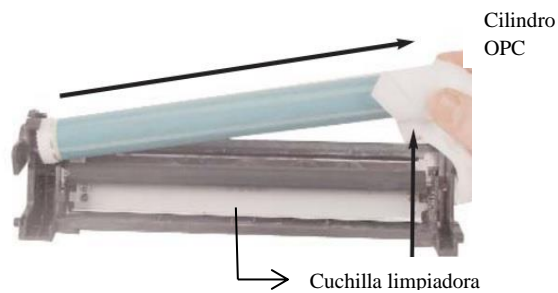


Figura 14. Reemplazo de cilindro en mal estado.

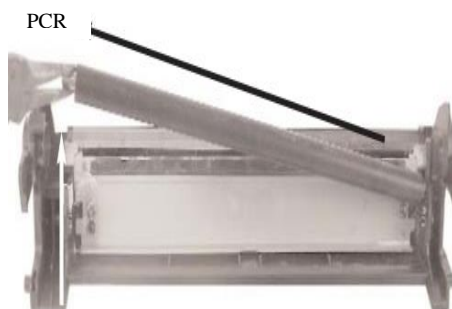


Figura 15. Reemplazo de PCR en mal estado.

2.1.5. Armado de la carcasa

Es una de las últimas etapas del proceso de remanufactura, una vez instaladas las partes nuevas se procede a ensamblar el cartucho de tóner a su forma original, es decir unir las partes de la tolva de desechos y de la tolva de impresión en una sola, como se muestra en la Figura 16.

En esta parte de la remanufactura se debe tener cuidado en que cada parte del cartucho de tóner, como observamos en la Figura 17, ya que tiene que estar correctamente colocada y en el orden correspondiente ya que puede ocasionar daños a la impresora en sus partes internas provocando pérdidas a los consumidores.

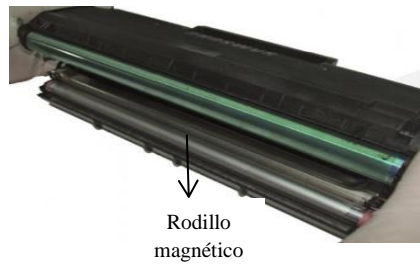


Figura 16. Unión de partes del cartucho de tóner.



Figura 17. Ensamblaje de caras laterales.

2.1.6. Control de calidad de impresión

Una vez terminado el proceso de rearmado, se procederá con un control de calidad del cartucho de tóner antes de salir a la venta, para esto se debe someter al cartucho de tóner a un proceso de impresión (generalmente se imprime una hoja de prueba desde el ordenador), y se observara si existen irregularidades en la impresión. Si es así se deberá definir cuál parte del cartucho de tóner está produciendo este defecto.

Se procede cambiando la parte nueva por la que originalmente tenía el cartucho de tóner (cada parte deberá ser cambiada individualmente, no podrá ser cambiada más de una parte al mismo tiempo) y observando si esa parte fue la causante de error, se lo deberá hacer hasta encontrar la causa que provoca la falla de la impresión. En un proceso de descarte y prueba.

2.1.7. Empaque del cartucho láser

Es el último paso del proceso de remanufactura, es de vital importancia el empaque del cartucho de tóner, usualmente se utiliza un empaque plástico de color negro para proteger al cartucho de los rayos ultravioletas del sol, aparte de utilizar el empaque de plástico negro se usa empaques plásticos inflados por aire más conocidos como empaques de dedos, observados en la Figura 18, esto se lo hace para proteger al

cartucho de golpes o caídas accidentalmente, que suceden a diario. Adicionalmente se le coloca en una caja de cartón acompañado de bolsas de sílice para absorber la humedad del cartucho y del tóner, evitando la solidificación del polvo, para su correcto funcionamiento.



Figura 18. Empaque dedos para cartucho.

2.2. Selección de alternativas

Para este proceso de toma de decisiones y alternativas se evaluó la utilidad de la estación de trabajo; debe tener todas las características para el buen funcionamiento, costo de adquisición, costo de mantenimiento.

2.2.1. Material de la estructura y tolva de la estación de trabajo

Debido a que solo se trata de la estructura de la estación de trabajo donde se instalará todos equipos, el material tendrá características tales como:

- Resistente a la corrosión, fricción con el polvo, y tener la capacidad para acopiar cierta cantidad de polvo.
- Que se encuentre en fácilmente en el Ecuador y económicamente accesible.

2.2.2. Diseño del dosificador

Para el diseño del sistema de dosificación se tomó en cuenta las cualidades del material que se va a utilizar tales como:

- Consistencia del solido (polvo)
- Facilidad de manejo
- El mantenimiento sea económico y no requiera de un experto
- Alta precisión

- La proporción de descarga es decir el promedio de cartuchos que se va a remanufacturar

2.2.3. Materiales de control automático

El control automático para el pesaje estará provisto por los equipos seleccionados como una pantalla HMI 20x4 pulgadas, que nos da una las características tales como:

- Una velocidad de procesamiento eficaz
- Comunicación directa con el Arduino.

Para la selección de todo el sistema de control el Arduino es el más factible debido a que la programación no es extensa ni complicada y solo se tendrá un número de entradas y salidas mínimas.

2.2.4. Materiales para descontaminación

Al seleccionar el filtro adecuado se seleccionó las características más puntuales del polvo que son:

- Está compuesto de polipropileno
- Su presentación es en polvo con un tamaño aproximado de freno de 0.2 μm

2.2.5. Tipos de filtros

a) HEPA.

Para el material a filtrar una de las opciones de filtro para utilizar es el HEPA, cuyas características generales son la alta eficiencia con un 99.97% para eliminar partículas mayores o iguales a 0.299 μm [45] ; por esta razón son utilizados en laboratorios, hospitales e industrias donde la limpieza debe ser estrictamente impecable y controlada. El montaje del filtro puede ser en lámina lisa como en la figura19, y/o plisada dependiendo del área a trabajar y el espacio que se ocupará.



Figura 19. Filtro de panel tipo HEPA [45].

b) Fibra de Vidrio

Este tipo de material tiene elevada resistencia, por ser moldeable se ajusta a cualquier superficie y forma. Su eficiencia es del 90% para la eliminación de partículas mayores o iguales a $0.8\ \mu\text{m}$ [47] .

2.2.6. Materiales Neumáticos

Los materiales que se utilizará para la parte neumática son válvulas, mangueras, compresor de aire, extractor, aspiradora.

2.2.7. Materiales electrónicos

En esta sección los materiales de tipo electrónico que se utilizará son pulsadores, botones (en caso de ser necesario), motor paso a paso.

Un motor paso a paso es el encargado de transformar la energía eléctrica en energía cinética para ejercer un movimiento.

Un motor eléctrico consta de las siguientes partes:

- Estator
- Rotor
- Entrehierro
- Inductor
- Inducido

Los motores eléctricos se clasifican en dos tipos: corriente continua y corriente alterna dentro de los de corriente continua tenemos los de excitación independiente,

excitación serie, derivación. Mientras que los de corriente alterna se dividen en motores sincrónicos, asíncrónicos, monofásicos, trifásicos [47].

2.3. Metodología del proceso de selección

En esta sección se compara a cada alternativa para realizar el presente proyecto de titulación, dicho esto se observará las ventajas y desventajas enfocado al fácil mantenimiento mecánico, electrónico, económico, menor contaminación ambiental en el área de trabajo.

1 - 2 No apto, alto desperdicio, mayor contaminación, mayor tiempo de producción, baja fiabilidad de acabado final del producto.

3 - 4 Medio desperdicio, moderada producción y empaquetado.

5 Bajo costo de mantenimiento, mayor producción, rapidez de empaquetado del producto final, alta baja fiabilidad de acabado final del producto (Tabla 4).

Tabla 4 Ventajas y Desventajas de remanufactura manual y automática de cartuchos láser

Ventajas/Desventajas	Remanufactura	
	Manual	Automática
Limpieza de piezas	1	5
Tiempo de llenado de polvo de tóner	3	5
Armado y desarmado	4	4
Contaminación área de trabajo	1	5
Exactitud de llenado	3	5
Tiempo de remanufactura (min)	2	5
TOTAL	14	29

2.4. Valoración de alternativas

En la siguiente Tabla 2 se realiza una pequeña calificación al analizar las ventajas y desventajas entre la recarga manual y recarga automática. Se da una valoración entre el 1 y 5 donde:

1 - 2 No apto, alto desperdicio, alto costo de mantenimiento, mayor contaminación, mayor tiempo de producción, baja seguridad de producción.

3 - 4 Medio desperdicio, mantenimiento moderado, moderada producción y embalaje.

5 Bajo costo de mantenimiento, baja contaminación, mayor producción, rapidez embalaje y producto final, alta seguridad de producción.

Tabla 5. Comparación de alternativas de recarga manual y automática

Características / factores	Remanufactura	
	Manual	Automática
Desperdicio de producto	1	5
Mantenimiento de estación	3	4
Tiempo de producción	3	5
Contaminación	1	4
Seguridad	2	5
Embalaje producto final	2	5
TOTAL	12	28

Resultado:

Como se aprecia en la Tabla, la comparación entre los dos tipos de recargas, la recarga automática es la opción más rentable en la parte funcional y económica para la remanufactura.

2.5. Análisis y muestreo del aire en la zona de contaminación de polvo

Es de mucha importancia conocer el estado del polvo que se acumula en el ambiente, para ello lo analizaremos mediante dos métodos de estudio.

- Análisis experimental
- Análisis de concentración de polvo

2.5.1. Análisis experimental y estudio del área de trabajo actual

Se procederá a medir la estación de trabajo actual y se compara con las medidas que debe llevar una estación de trabajo, acorde a la estatura de un hombre promedio en Ecuador, para evitar el riesgo ergonómico ya que el trabajo se realiza en posición vertical o de pie.

Donde:

- Altura promedio de un hombre 1.70 m

Para calcular el nivel de iluminación se procederá a medir de forma triangular en la estación de trabajo actual, con un luxómetro. Para medir el nivel de humedad y temperatura se utilizará un termómetro digital ambiental e higrómetro. Se procederá a medir los niveles de ruido con un medidor de nivel de sonido.

Se valorará el riesgo químico presente mediante un muestreo de la cantidad de polvo que pasa al ambiente.

Se ha observado y recolectado la cantidad diaria de polvo que se ha precipitado hacia los alrededores del lugar de trabajo mediante una Tabla.

Este muestreo se lo realizó tomando en cuenta el área donde se encuentra el lugar de trabajo, en este lugar de trabajo existe un empleado que es responsable de la limpieza y recolección de polvo durante el día de trabajo.

Debido a que la mayoría del polvo se lo recolecta mediante una aspiradora se procede a vaciarla diariamente para luego al final del día laboral vaciar los desechos y pesarlos, asimismo se procedió a colocar un recipiente en el suelo del área de

trabajo donde al final del día reposo el polvo que la aspiradora no fue capaz de recolectar. La jornada laboral establecida es desde las 09:00 hasta las 17:00. Este procedimiento se realizará durante 15 días, se lo hizo exactamente de la misma forma todos los días con un cuidado meticuloso para que se obtengan resultados precisos.

2.6. Mangueras neumáticas

Estas mangueras se emplean para montajes especiales en el cual se utiliza mucho en herramientas portátiles y neumática, se muestran como tubos con diámetros de entre los 10mm a 37 mm y presiones de trabajo varias [50].

2.6.1. Tipos de mangueras neumáticas

2.6.1.1. Mangueras de poliamida

Son mangueras rígidas con propiedades mecánicas superiores, tienen alta resistencia al impacto, soportan más presión, es un buen aislante eléctrico y vienen en calidades de tipo 6 y 12 [50].

2.6.1.2. Manguera de poliuretano

Manguera de tipo plástico transparente que sirve para el flujo de líquidos, gases y aire, cuentan en presentaciones de diámetro desde los 4mm hasta los 12 mm. Soporta vibraciones y son menos rígidas que las mangueras de poliamida [50].

2.7. Formulación teórica

2.7.1. Uniones

a. Soldadura

Las uniones de tipo soldadura son las más comunes en elementos metálicos, como resultado de las altas temperaturas como se muestra en la Figura 20. En la antigüedad se utilizaba para ensamblar piezas a modo de reparar chapas, pedazos rotos; llevando a su conocimiento y evolución que en la actualidad se perfecciona tanto los materiales que se utilizan como las técnicas y/o problemas que conlleva utilizar la soldadura [45] como se muestra en la Tabla 3.

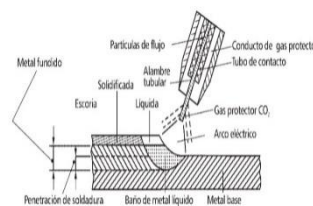


Figura 20. Proceso de soldadura [47]

Tabla 6 Ventajas y desventajas la soldadura MIG [53]

Factores	Ventajas	Desventajas
Uso / manejo	MEDIA	NULA
Penetración de materiales	ALTA	NULA
Económico	ALTA	NULA
Escoria	ALTA	NULA
Gas	MEDIA	MEDIA

Elaborado por: Pablo Arciniega & María Jose Suntaxi

En el proceso de soldadura se eligió utilizar el electrodo E6011. Este electrodo es utilizado en trabajos donde se necesita soldar aceros estructurales específicamente en posiciones difíciles de llegar y que necesiten alta penetración por sus características de resistencia a la tensión 427 MPa, fluencia 345 MPa.

El tamaño de la garganta de soldadura se calcula de acuerdo a las dimensiones del objeto a soldar en este caso nos guiamos por medio el espesor de la plancha a utilizar ver tabla 7.

De igual manera la longitud del cordón de soldadura es el mismo de las paredes de la estructura miden:

- 1600 largo x 0.8 profundidad.

Este es el procedimiento general para la geometría de la estación de trabajo [47] [48]

Tabla 7 Tamaño de mínimo cordón para placas [48]

Ancho de la placa (pulg)	Dimensión máx. de lado para soldaduras de chaflán
$\leq \frac{1}{2}$	$\frac{3}{16}$
$> \frac{1}{2} - \frac{3}{4}$	$\frac{1}{4}$
$> \frac{3}{4} - 1 \frac{1}{2}$	$\frac{5}{16}$
$> 1 \frac{1}{2} - 2 \frac{1}{4}$	$\frac{3}{8}$
$> 2 \frac{1}{4} - 6$	$\frac{1}{2}$
> 6	$\frac{5}{8}$

Elaborado por: Robert Mott [48]

Se utilizará la soldadura a tope, la fórmula empleada para este caso es [46]:

$$\sigma = \frac{F}{hl} \quad (1)$$

Donde:

σ = Esfuerzo normal

F = carga de tensión

h = garganta de soldadura

l = longitud de soldadura

b. Uniones no permanentes

Para la sujeción de paredes que son necesarias desmontar para mantenimiento el método más común y rápido es utilizar pernos de acero.

Debido que los pernos sirven solo para sujetar una plancha no hay ninguna clase de esfuerzos por lo tanto utilizamos estandarizados ASTM disponibles en el mercado ecuatoriano (Ver anexo F):

- $\frac{7}{16}$ " x 1" de largo
- $1 \frac{1}{4}$ x 1" largo

- 3/16" x 1" largo

2.7.2. Tolva

- Para la selección de la tolva adecuada se toma en cuenta la capacidad de producto que llevará, en este caso se emplea la ecuación:

$$V = \frac{h}{3} (A1 + A2 + \sqrt{A1 + A2}) + A1 * H \quad (2)$$

Donde:

V = volumen

$A, A1, A2$ = áreas

h = altura (rectángulo)

H = altura (pirámide)

- Para la selección del espesor del material que se utilizará en la tolva, empleamos el esfuerzo admisible del material :

$$t = \frac{P_T * r}{\sigma_f} \quad (3)$$

Donde

R = radio

σ_f = esfuerzo admisible para el acero

P_T = presión total de trabajo realizado

- Los esfuerzos de la tolva utilizarán las fórmulas

Presión en el fondo de la tolva.

$$P_v = \frac{\rho g D}{4\mu K g_c} \quad (4)$$

Donde:

ρ = densidad del material tolva

D = *Diametro mayor*

g = gravedad

g_c = Constante $1Kg \cdot m/N \cdot s^2$

$K = 0,4$ valor constante

μ = coeficiente de fricción

Presión en la pared de la tolva.

$$P_w = KP_v \quad (5)$$

Cálculo de las masas de la tolva

$$masa = largo(m) \times ancho(m) \times espesor(m) \times \rho \text{ del material.}$$

Cálculo de la plancha trapezoide

$$\text{Área} = \frac{(B + b)}{2} * h \quad (6)$$

Donde:

B = Base mayor del trapezoide

b = Base menor del trapezoide

h = altura del trapezoide

Cálculo de la masa total

$$masa = largo(m^2) \times ancho(m^2) \times espesor(m) \times \rho \text{ del material.} \quad (7)$$

$$m_{total} = m_1 + m_2 + m_3 + m_4 + m_5 + m_6 + m_{accesorios} + m_{producto} \quad (8)$$

2.7.3. Extracción de polvo

a. Volumen aire (carga de aire)

$$R = \frac{\dot{m}_p}{\dot{m}_f} \quad (9)$$

Donde:

R = carga de aire

\dot{m}_p = flujo másico de polvo para extraer

\dot{m}_f = flujo másico de aire para extraer

b. Promedio producción de polvo en cada m^2

$$\begin{aligned} &promedio_{teórico} \\ &= promedio \text{ en espacio trabajo } \times \% \text{ pérdida aprox} \end{aligned} \quad (10)$$

c. Caudal mínimo del sistema de extracción

$$\begin{aligned} &Q_f \\ &= \frac{\dot{m}_p}{\rho_f \cdot R} \end{aligned} \quad (11)$$

Donde:

ρ_f = densidad del aire

R = flujo volumetrico

2.7.4. Para conocer el valor diario de gasto se realiza un promedio de la suma total dividiéndolo para el número de días:

$$Promedio = \frac{\text{suma total muestreo}}{\text{número de días muestreo}} \quad (12)$$

2.7.5. Cálculo del dimensionamiento de los complementos del sistema de extracción de polvos:

$$Q = V(10 * 2 + A) \quad (13)$$

Donde:

Q = Caudal de la campana (m^3/h)

V = velocidad de captura del material [$\frac{m}{s}$]

2.7.6. Tornillo sin fin

$$p = \frac{Lf - 2 * Dm}{Na} \quad (14)$$

Donde:

Lf = Longitud final ó total

p = paso

Dm = Diámetro medio

Na = Espiras activas

CAPÍTULO III

CÁLCULO Y DISEÑO DE LA ESTACIÓN DE TRABAJO

Este capítulo muestra la situación actual de la estación de trabajo y se realizará todo lo referente al cálculo y diseño de la estación de trabajo, utilizando las fórmulas presentadas en la metodología, para el dimensionamiento de cada una de las partes y/o materiales que se utilizarán en dicha estación.

3.1 Situación actual del área de trabajo

El proceso de remanufactura se realiza de forma manual con una productividad de 2 cartuchos por hora. No existe sistema de extracción, solo se procede hacer una aspiración de forma manual con una aspiradora 3M semi-industrial para polvo de copiadoras.

La iluminación en la mañana es natural y en la tarde artificial con una intensidad luminosa de 350 lux medida con un luxómetro marca SANPO, modelo LX-1330 B, por lo que existe falta de iluminación, además que el polvo en el ambiente producto a la contaminación del proceso actual se adhiere a las lámparas y disminuye a un más la iluminación.

Producto de que la construcción es antigua y no preparada para el proceso existen una temperatura de 22,1 C° un elevado nivel de humedad de un 56 a de un 60%, que provoca la compactación del polvo (medida con Higrómetro/Termómetro, Marca Radio Shack).

La estación de remanufactura actual no cumple con las medidas adecuadas para el operario provocando un riesgo ergonómico, con una medida de 0.20 m menos de altura que lo que se necesita para llegar a la medida ergonómica adecuada que es de 1.30 m.

El nivel de ruido en el local es de 78.3 DbA, medido con un medidor de niveles de sónico, modelo DF 481740.

3.1.1. Resultados del muestreo tomado en la estación de trabajo

Tabla 8 Muestreo de recolección de desechos de polvo

Recolección tomada en la estación de trabajo medidas en gramos (g)			
HORA	3 de septiembre 2018	4 de septiembre 2018	5 de septiembre 2018
9AM-5PM	25,3	22,4	23,3
	6 de septiembre 2018	7 de septiembre 2018	10 de septiembre 2018
9AM-5PM	20,8	27,3	29,8
	11 de septiembre 2018	12 de septiembre 2018	13 de septiembre 2018
9AM-5PM	19,5	24,8	27,6
	14 de septiembre 2018	17 de septiembre 2018	18 de septiembre 2018
9AM-5PM	23,5	21,2	23,7

	19 de septiembre 2018	20 de septiembre 2018	21 de sept 2018
9AM-5PM	20,3	27,4	28,9

Elaborado por: Pablo Arciniega & María Jose Suntaxi

Haciendo una suma total del muestreo se obtiene:

Suma muestreo

$$= 25.3 + 22.4 + 23.3 + 20.8 + 27.3 + 29.8 + 19.5 + 24.8 + 27.6 \\ + 23.5 + 21.2 + 23.7 + 20.3 + 27.4 + 28.9 = 365.8 [g]$$

$$Suma muestreo = 365.8 [g]$$

Estos 365,8 gramos de tóner es la cantidad que se va al ambiente en un periodo de 15 días laborables, provocando un riesgo químico, la contaminación del medio, adhiriéndose al mobiliario, las paredes y el sistema de iluminación.

3.2. Selección de materiales

3.2.1. Selección de Dosificador

Tabla 9 Comparación alternativas de dosificación

TIPO DOSIFICADOR	Polvos ó / y granulados	Conexión fácil	Volumen producto	Control electrónico fácil	Productos homogéneos
Tornillo sin fin	SI	SI	BAJO- MEDIO	SI	NO
Volumétrico	SI	NO	MEDIO- ALTO	NO	NO
Gravimétrico	SI	NO	ALTO	NO	SI

Elaborado por: Pablo Arciniega & María José Suntaxi

El dosificador seleccionado por cumplir las características requeridas fue el dosificador de tornillo su funcionamiento y correcto uso ayudará a que la estación de trabajo opere de forma correcta y continua sin ningún problema.

3.2.2. Selección del filtro

Por esta razón el filtro que se utilizara por sus características es el un filtro liso de tipo hospitalario HEPA, sus especificaciones que le hacen el óptimo para el nuestro uso son:

- Filtran materiales de 0.3 -0.1 μm
- Tienen un 99,9% aproximando de filtrado (esto varia la utilización y el espacio donde se instalará)
- Por sus dimensiones lo hacen de fácil instalación

3.2.3. Selección del motor del tornillo helicoidal de alambre

El motor paso a paso nos sirve para tener un mejor control de la velocidad del motor y debido al diseño del tornillo y a la utilidad.

Para este caso en específico se eligió un motor paso a paso que cumple con las siguientes características precisión y fuerza.

- Temperatura de operación -20°C - 50°C
- Mejor relación de volumen a torque
- Fuerza máxima radial 4.57kg o 15lbs

3.3. Cálculo para el dimensionamiento y selección de materiales de la estación de trabajo.

En esta sección el dimensionamiento del proyecto se realiza analizando las dimensiones humanas para la correcta postura del operario, dicho esto se tomó en cuenta la postura, la cual siempre se tendrá que permanecer de pie frente a la estación, debido a los movimientos se realizan durante el proceso de remanufactura.

Se tomó en cuenta la altura promedio de los operarios, y el ancho del cuerpo humano. Todos estos parámetros fueron considerados para facilitar la adaptabilidad de la persona que operan en la estación, para así evitar problemas que afecten al operario, debido a posturas inadecuadas y mal manejo del espacio Figura 21, Figura 22.

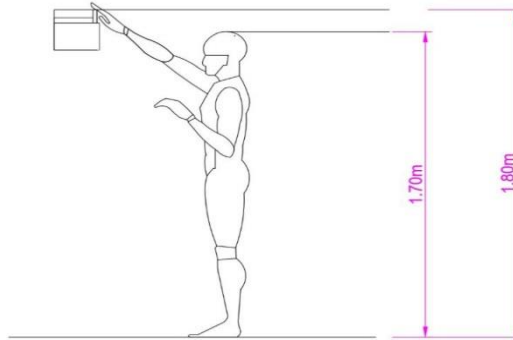


Figura 21. Altura promedio del operario

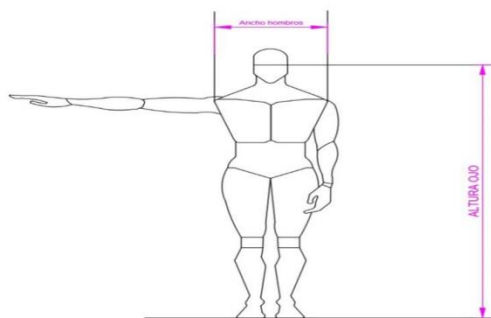


Figura 22. Medidas promedio a tomarse en cuenta para manejo de espacio.

Considerando lo planteado, la medida seleccionada para la estación de trabajo será de 1.30 x 1.80 x 1 (m).

3.4.Cálculos del diseño de tolva almacenadora de polvo

Datos

$$H = 0.3 \text{ m}$$

$$h = 0.3 \text{ m}$$

$$A1 = 0,30 \text{ m} * 0,30 \text{ m}$$

$$A1 = 0.09 \text{ m}^2$$

$$A2 = 0,15 \text{ m} * 0,15 \text{ m}$$

$$A2 = 0.0225 \text{ m}^2$$

3.4.1. Volumen de Tolva almacenadora de polvo

$$V = \frac{h}{3} * (A1 + A2 + \sqrt{A1 + A2}) + A1 * H$$

$$V = \frac{0,3 \text{ m}}{3} * (0.09 \text{ m}^2 + 0.0225 \text{ m}^2 + \sqrt{0.09 \text{ m}^2 + 0.0225 \text{ m}^2}) + 0.09 \text{ m}^2 * 0,3 \text{ m}$$

$$V = (0,1 \text{ m} * 0.4491 \text{ m}^2) + 0.027 \text{ m}^3$$

$$V = 0.07191 \text{ m}^3$$

3.4.2. Esfuerzos de a tolva

Presión en el fondo de la tolva

Datos técnicos del acero de transmisión

$$\rho = 1500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$D = 0.61 \text{ m}$$

$$g = 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

K = 0,4 valor constante

Reemplazando datos en la ecuación

$$P_v = \frac{\rho g D}{4 \mu K g_c}$$

$$P_v = \frac{1500 \frac{kg}{m^3} * 9,8 \frac{m}{s^2} * 0.61m}{4 * 0,3 * 0,4 * 1 \frac{kg}{N s^2}}$$

$$P_v = 18681,3 Pa$$

3.4.3. Presión en la pared de la tolva

$$P_w = KP_v$$

$$P_w = 0,4 * 18681. Pa$$

$$P_w = 7472,5 Pa$$

3.4.4. Presión de trabajo de la tolva

$$p_{man} = 50 psi \left| \frac{6894,757 Pa}{1 psi} \right|$$

$$p_{man} = 344737,85 Pa$$

3.4.5. Presión total del trabajo

$$P_T = P_v + P_w + P$$

$$P_T = 18681,3 Pa + 7472,5 Pa + 344737,85 Pa$$

$$P_T = 370892 Pa$$

$$P_T = 0,370892 MPa$$

3.4.6. Cálculo del espesor de la plancha

Para la selección de la plancha se tomó en cuenta las facilidades en el mercado la plancha de acero laminado en frío con la norma ASTM A 36 de dimensiones 1220 x 2240 x 1.4 mm y peso 32.72 kg, con un valor de fluencia del material de 250MPa y un esfuerzo mínimo de ruptura de tensión de 400 MPa y un máximo de 550 MPa, nuestra selección se dio porque esta plancha es la más comercial es decir tiene un stock común en prácticamente todos los almacenes del Ecuador, su valor económico

es aceptable tal como sus características de resistencia por esta razón los uso que esta plancha es estándar y de fácil uso desde muebles hasta estructuras.

3.4.7. Cálculo de las masas de la tolva

$$masa = largo(m) \times ancho(m) \times espesor(m) \times \rho \text{ del material.}$$

$$\rho_{acero} = 7850 \frac{kg}{m^3}$$

Plancha rectangular de (1,20 m x 0,8 m x 1,4 mm)

$$m_1 = 1,20 m \times 0,8 m \times 0,0014 m \times 7850 \frac{kg}{m^3}$$

$$m_1 = 10,55 kg$$

Se utilizara dos planchas con las mismas medidas $m1 = 21,1kg$

3.4.8. Cálculo de la plancha trapezoide

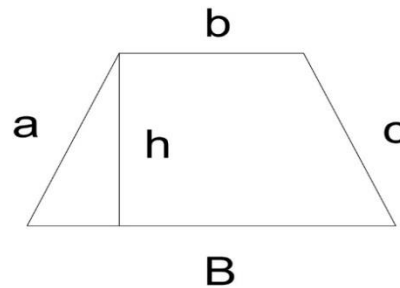


Figura 23. Área de la tolva

$$\text{Área} = \frac{(B + b)}{2} * h$$

$$\text{Área} = \frac{(0,61 m + 0,15 m)}{2} \times 0,30 m$$

$$\text{Área} = 0.114 m^2$$

$$m_2 = 0,114 m^2 \times 0,0014 m \times 7850 \frac{kg}{m^3}$$

$$m_2 = 1,252 \text{ kg}$$

Son 2 planchas con la misma medida

$$m_2 = 2,504 \text{ kg}$$

$$m_{\text{accesorios}} = 0.5 \text{ kg}$$

$$m_{\text{producto}} = 3 \text{ kg}$$

$$m_{\text{total}} = m_1 + m_2 + m_{\text{accesorios}} + m_{\text{producto}}$$

$$m_{\text{total}} = 21,1 \text{ kg} + 2,504 \text{ kg} + 0.5 \text{ kg} + 3 \text{ kg}$$

$$m_{\text{total}} = 27,10 \text{ kg}$$

3.4.9. Cálculo de la masa de la estructura

Se utilizarán siete planchas de acero negro para la construcción de las paredes de la estructura de la máquina, asimismo se considerará el peso de los accesorios que conlleva la estación de trabajo.

$$\text{masa} = \text{largo}(m) \times \text{ancho}(m) \times \text{espesor}(m) \times \rho \text{ del material.}$$

$$\rho_{\text{acero}} = 7850 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Plancha rectangular de (1,20m x 0,8m x 1,4mm)

$$m_1 = 1,20 \text{ m} \times 0,8 \text{ m} \times 0.0014 \text{ m} \times 7850 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$m_1 = 10.55 \text{ kg}$$

Se utilizarán 7 planchas con la misma medida

$$m_1 = 73.85 \text{ kg}$$

$$m_{accesorios} = 5 \text{ kg}$$

$$m_{producto} = 3 \text{ kg}$$

$$m_{total} = 73,85 \text{ kg} + 5 \text{ kg} + 3 \text{ kg}$$

$$m_{total} = 81,85 \text{ kg}$$

3.4.10. Cálculo de la masa total de la estación de trabajo

$$M_{total} = M_{total\text{estructura}} + M_{total\text{silo}}$$

$$M_{total} = 81,85 \text{ Kg} + 27 \text{ Kg}$$

$$M_{total} = 108,8 \text{ Kg}$$

3.5. Cálculo de uniones

Soldadura

$$\sigma = \frac{F}{hl}$$

Donde:

$$F = 0.0225 * 7472,5 = 168,131 \text{ N}$$

$$h = 0,006 \text{ m}$$

$$l = 0.8 \text{ m}$$

$$\sigma = \frac{F}{hl}$$

$$\sigma = \frac{168,131}{0,006 * 1,2}$$

$$\sigma = 23.3515 \text{ MPa}$$

Observando los cálculos el esfuerzo de 23.3515MPa que tenemos es menor al esfuerzo admisible de 270 MPa del acero

3.6.Cálculo unidades de mantenimiento

El filtro que se seleccionó para la limpieza de residuos a consecuencia de la remanufactura fue:

- Un filtro de aire de tipo hospitalario para recolección de polvos de 0.3 um
- Un manómetro

3.6.1. Cálculo del sistema de extracción de polvos

Determinada la necesidad indispensable del manejo de polvos en la empresa “AB Distribuciones”, se proceda con cálculos y dimensionamientos para fundamentar la propuesta del sistema de extracción de polvos.

3.6.2. Cálculo del promedio de polvo en el aire

$$Promedio = \frac{365.8[g]}{15 \text{ días}}$$

$$Promedio = 24.38 \text{ g/día}$$

$$Promedio \text{ teorico} = 24.38 * 1.15 = 28.037 \left[\frac{g}{día} \right]$$

$$Promedio \text{ teorico} = 28.037 \left[\frac{g}{día} \right]$$

3.6.3. Cálculo del flujo másico

$$28.037 \left[\frac{g}{día} \right] = 0.67 \left[\frac{Kg}{h} \right] = m_p$$

3.6.4. Cálculo del dimensionamiento de los complementos del sistema de extracción de polvos.

$$Q = V(10 * 2 + A)$$

$$A = 12[cm] * 9.3[cm]$$

$$A = 111.6 \text{ cm}^2$$

$$V = 11[\frac{m}{s}]$$

$$Q = 11[\frac{m}{s}](10 * 2 + 0.0111m^2)$$

$$Q = 220,12 [\frac{m^3}{s}]$$

3.6.5. Cálculo del caudal mínimo requerido

Es muy importante conocer el volumen de aire que deberá transportar el sistema para poder dimensionar los componentes, esto se lo puede determinar mediante la fórmula:

$$R = \frac{m_p}{m_f}$$

$$R = \frac{m_p}{P_f * Q_f}$$

$$Q_f = \frac{m_p}{P_f * R}$$

$$Q_f = \frac{0.67[\frac{kg}{hora}]}{1.204 [\frac{kg}{m^3}] * (\frac{0.5}{100})}$$

$$Q_f = 111.66[\frac{m^3}{h}]$$

Este resultado obtenido es el caudal mínimo que se necesita para transportar el polvo de tóner hacia el colector de polvo, para una mayor seguridad se le adicionara un factor de diseño del 25%, dicho esto el caudal necesario será de $139.575 \left[\frac{m^3}{h} \right]$.

3.7. Cálculo de tornillo helicoidal de alambre

Para la selección de los datos del tornillo se tomó en cuenta el uso que le daremos a este. Como primero punto se seleccionó el espesor del alambre de acero con lo que se fabricara el tornillo el cual podemos observar en la Figura 24. Este resorte tiene una longitud libre ya que no ejerce fuerza sobre el las espiras nunca se tocan es decir no tiende a comprimirse.

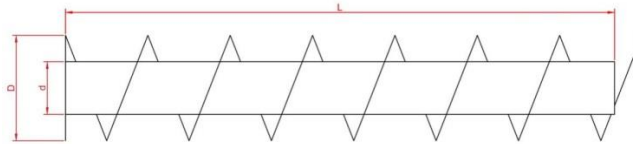


Figura 24. Diámetro y largo del eje tornillo sin fin

$$\text{Diámetro externo (DE)} = 1 \frac{1}{2} \text{ " } \text{ ó } 38.1 \text{ mm}$$

$$\text{Diámetro medio (Dm)} = 36.1 \text{ mm}$$

$$\text{Diámetro interno (Di)} = 34.1 \text{ mm}$$

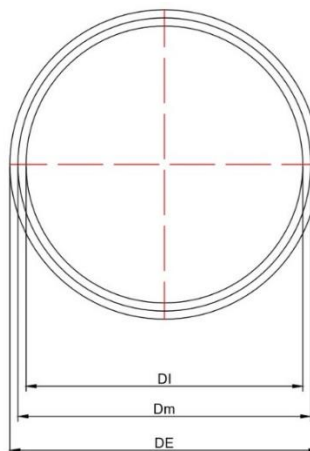


Figura 25. Diámetros del tornillo.

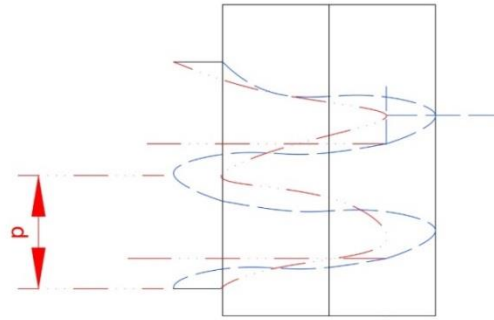


Figura 26. Paso del tornillo

$$p = \frac{L_f - 2 * D_m}{Na}$$

$$p = \frac{320 \text{ mm} - 2 * 36.1 \text{ mm}}{12}$$

$$p = 20.65 \text{ mm}$$

$$p \approx 20 \text{ mm}$$

3.8. Selección patas fijas y garruchas

Para las patas fijas se utilizará unos niveladores compuestos por tornillo acero medidas ½ pulgadas ajustados a un eje con el fin que al momento de trasladar de un lugar a otro la estación de trabajo las patas fijas sean movibles.

Las garruchas son de medidas 4 pulgadas aptas para un peso mayor a 100kg

3.9. Selección de mangueras

Se seleccionó una manguera neumática con las siguientes características:

- Material: Poliuretano manguera en espiral
- Longitud: 2 – 5 metros (depende el mercado ecuatoriano)
- Boquilla y acoplamiento estándar integrado, como se aprecia en la Figura 27.



Figura 27. Manguera neumática con acoples

3.10. Selección de elementos neumáticos

- Válvulas
- Accionadores mecánicos
- Electroválvulas

3.11. Selección de sistema de control

Al seleccionar un sistema de control se tomó varias consideraciones, dando como resultado:

- Un arduino Mega
- Una pantalla HMI marca Nextion de 7.2"
- Una balanza digital de plato diámetro 250mm.

3.12. Análisis Financiero

En la presente sección se presenta los costos de cada uno de los materiales que se utilizaron para elaborar la estación de trabajo.

3.12.1. Costos materiales y herramientas

Tabla 10 Tabla de costos

Ítem	Características	Dimensión	Unidad	Cant.	Costo Unitario	Costo Total
Tolva	Acero Transmisión A36	330x255x1	Plancha	1	\$ 25,00	\$25,00
Soportes fijos	Tornillo 7/16		U		\$0,06	\$1,00
Garruchas	Carga máx. 100 kg	2"	U	4	\$6,34	\$25,36
Estructura	Acero transmisión A36	1.60x1.30x0.80	U		\$536,48	\$536,48
Extractor		30cm diámetro	U	1	\$253,00	\$170,00
Pantalla	Marca Nextion	20x4	U	1	\$20,00	\$20,00

HMI							
Arduino	RAM 64MB		U	1	\$20,00	\$20,00	
Manguera	DP-1513 manguera de aire de la PU con tipo conector y acoplador rápidos de Aro	5M	U	1	\$15,00	\$15,00	
Accesorios Eléctricos	Cables, pulsadores, enchufes		U		\$6,76	\$6,760	
Boquilla	Estándar		U	2	\$7,50	\$15,00	
Tornillo	Tipo alambre	1 ¼"	pulgadas		\$36,00	\$36,00	
					Subtotal	\$870,60	
					IVA 12%	\$104,47	
					TOTAL USD	\$ 975,072	

Elaborado por: Pablo Arciniega & María José Sntaxi

3.13. Costos mano de obra

En la Tabla 11. Se aprecia el costo de cada servicio que se empleó para el desarrollar el proyecto.

Tabla 11 Costos mano obra

Servicio	Descripción	Valor total
Servicio de soldadura	Tolva – estructura	100,00 USD
Servicio del torno	Tornillo sinfín	25,00 USD
Pintura	Pintura estructura	30,00 USD
	Subtotal USD	155,00 USD
	IVA 12% USD	18,60 USD
	Total USD	173,60 USD

Elaborado por: Pablo Arciniega & María José Sntaxi

3.14. Costos de ingeniería y diseño

En la Tabla 12. Se encontrarán los costos de diseño de este proyecto.

Tabla 12 Costos diseño

Ítem	Nombre	Horas	Valor unitario por hora	Valor total
1	Asesorías electrónica	13	\$15,00	\$200,00
2	Asesorías mecánicas	5	\$5,00	\$25,00
			Subtotal	\$225,00
			IVA 12%	\$27,00
			Total USD	\$252,00

Elaborado por: Pablo Arciniega & María José Sntaxi

3.15. Valor inicial de inversión

$$\text{inversión inicial} = \text{costo 1} + \text{costo 2} + \text{costo 3} \quad (15)$$

$$\text{inversión inicial} = 975,072 + 173,60 + 252,00 [\text{\$}]$$

$$\text{inversión inicial} = \$1400,67$$

3.16. Costos de depreciación

Se aplica la ecuación siguiente:

$$CD = \frac{C - VR}{N} \quad (16)$$

Donde:

C = costo [dólares]

VR = valor residual [dólares]

N = vida útil en años

La proyección de la vida útil se estima de unos 6 años

El VR es el 10% del valor total de inversión:

$$VR = 1400,67 \times 0.10$$

$$VR = 140,067 \text{ USD}$$

$$CD = \frac{1400,67 - 140,067}{10}$$

$$CD = 210,101 \text{ USD}$$

3.17. Análisis de la tasa mínima aceptable de rendimiento (TMAR)

Se la utiliza para analizar si el trabajo es viable. Con la siguiente fórmula matemática:

NÚMERO DE ECUACION se determina el TMAR.

$$\begin{aligned} & TMAR \\ & = i + f + (i \times f) \end{aligned} \quad (17)$$

Donde:

i = Premio al riesgo

f = Inflación en el Ecuador año 2018 (actualización 07 enero 2019).

Según el Instituto Nacional de Estadística y Censos la inflación anual del año 2018 se cerró 0.27% y se toma en cuenta la deuda externa pública como un premio al riesgo de 20.40 %.

Finalmente se calcula el TMAR:

$$TMAR = 0.204 - 0.0027 - (0.204 \times 0.0027)$$

$$TMAR = 0.200749$$

$$TMAR = 20.0749\%$$

3.18. Ingreso generado

Tabla 13. Ingresos generados

AÑO	INGRESO MENSUAL (USD)	INGRESO ANUAL (USD)
1	300,00	3600,00
2	300,00	3600,00
3	400,00	4800,00
4	400,00	4800,00
5	400,00	4800,00
TOTAL	1800,00	21600,00

Elaborado por: Pablo Arciniega & María José Sntaxi

3.19. Payback Period

El payback period es un método para calcular el tiempo que se requerirá para recuperar el capital invertido.

$$PP = \frac{\text{costo de inversión [USD]}}{\text{ingreso generado [USD]}} \quad (18)$$

$$PP = \frac{1400,67 \text{ [USD]}}{300 \text{ [USD]}}$$

$$PP = 4.66 \text{ meses}$$

3.20. Cálculos VAN Y TIR

Para el cálculo del valor actual neto (VAN) se obtiene a partir de la siguiente ecuación:

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+r)^t} \quad (19)$$

Donde:

I_0 = Inversión inicial del proyecto

F_t = Flujos futuros

r = Tasa de retorno

t = Número de años

Mientras tanto para el cálculo de la tasa interna de retorno (TIR) se obtiene con la ecuación:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1 + TIR)^t} - I_0 = 0 \quad (20)$$

En la Tabla 14, se puede observar el cálculo del VAN, TIR y con un interés activo de consumo ordinario del 16.67% (última actualización febrero 2019 por el Banco Central del Ecuador).

Tabla 14. VAN y TIR

AÑO	INVERSIÓN (USD)	FLUJO DE COSTO (USD)	INGRESOS (USD)	FLUJO BENEFICIO NETO (USD)
0	-1400,67	1400,67	0	-1400,67
1		200,00	3600,00	3400,00
2		150,00	3600,00	3450,00
3		100,00	4800,00	4700,00
4		500,00	4800,00	4300,00
5		300,00	4800,00	4500,00
TOTAL		2650,67	21600,00	18949,33
			TASA (%)	16,67
			VAN (USD)	11428,9

TIR (%)	8, 28%
----------------	---------------

Elaborado por: Pablo Arciniega & María José Sntaxi

En conclusión el TIR tiene un valor positivo de 8.28% y el VAN es superior a cero con un valor de 11428.9 por lo cual el proyecto es viable y compensa la inversión en 5 meses.

CONCLUSIONES

Se seleccionó la alternativa automática la cual genera un menor tiempo de llenado y una mayor exactitud, obteniendo una disminución de contaminación del 96%, el restante 4% proveniente de desechos plásticos inevitables (empaques).

Se optimizó el tiempo de elaboración de cartuchos de 2 cartuchos/horas a 6 cartuchos/horas de tipo láser blanco y negro por cada hora de producción, triplicando la productividad.

La estación de trabajo automática diseñada es de 1.60 x 1.30 x 0.80 metros, mejorando la estación de una altura anterior de 1.10 m a 1.30 m, evitando el riesgo ergonómico ya que la altura promedio de los trabajadores es de 1.70m.

Se eliminó el riesgo químico al controlar el 98% polvo en el ambiente.

Se mejoró la iluminación de 350 lux a 600 lux en el puesto de trabajo disminuyendo el riesgo físico, con el uso de leds que es un sistema más eficiente.

El costo total del proyecto fue 1400,67 USD recuperable en 4 meses 6 días aproximadamente.

Se estandarizó el sistema de filtrado, con un filtro HEPA, el sistema de extracción con un extractor de aire radial, la dosificación con un dosificador tipo tornillo sinfín, y el sensor celda de carga HX 711.

RECOMENDACIONES

Para cartuchos de colores es necesario la construcción de nuevas tolvas de distribución debido a que no debe existir contaminación de otro tipo de tóner en cartuchos láser de colores.

Para la automatización se recomienda añadir un botón de reseteo de peso para así ganar más tiempo entre remanufacturas.

La tolva de distribución deberá ser removible para el que el polvo tóner de diferentes modelos de impresora vaya en cada tolva de distribución, eliminando así la contaminación por otros polvos.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

HP	Hewlett-Packard.
OEM	Fabricante de equipamiento original
dpi	dots per inch / puntos por pulgada.
DC	direct current / corriente continua.
PLC	controlador lógico programable
μm	micrón.
Nm	nanómetro.

HMI	interfaz de usuario.
SD	segure digital.
NOOBS	New Out Of Box Software.
HEPA	High Efficiency Particulate Air.
ASTM	American Society for Testing and Materials

REFERENCIAS

- [1] Ahorraentinta, «Ahorra en tinta,» 30 Enero 2012. [En línea]. Available: <http://www.ahorraentinta.com/blog/blog-toner/que-es-el-polvo-de-toner/#comments>. [Último acceso: 26 Octubre 2017].
- [2] M. G. Vásquez, «Transferencia directa de tóner,» *Metal*, nº 3, p. 208, 2017.
- [3] Ricardosharp69, «WordPress,» 2 Enero 2007. [En línea]. Available: <https://ricardosharp69.wordpress.com/2007/01/02/tipos-de-tonertypes-of-tonerspanishenglish/>. [Último acceso: 26 Octubre 2017].
- [4] L. J. G. Cantor, «DIAGNOSTICO DE LA GENERACIÓN Y ALTERNATIVAS PARA EL APROVECHAMIENTO Y DISPOSICIÓN DE

LOS CARTUCHOS DE TINTA Y DE TONER USADOS, DE IMPRESORAS Y FOTOCOPIADORAS EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ D.C.,» Universidad de la Salle, Bogotá, 2008.

- [5] J. almagracia, «Rellenado de cartuchos,» Febrero 2013. [En línea]. Available: <http://www.rellenadodecartuchos.com/2013/02/compuestos-del-polvo-de-toner.html#.WfJ9nVvWy01>. [Último acceso: 26 Octubre 2017].
- [6] HP, «Ficha de datos de seguridad,» Estados Unidos, 2007.
- [7] I. ambiental, «Cartuchos de toner láser,» Argentina.
- [8] Donald MacArthur Burness, Thomas Karl Dykstra, Thomas Arthur Jadwin, Hans Gway Ling, *Electrographic toner and developer composition containing a 4-aza-1-azoniabicyclo(2.2.2) octane salt as a charge control agent*, United States: Kodak Company, 1978.
- [9] Rodrigo Ramírez Autrán, Luisa Gabriela Avila Cortés, Martha Gabriela Gallardo Sarmiento, «Estudio sobre el impacto de contratación y uso de cartuchos de impresión y tóner no originales en instituciones públicas,» Infotec, México, 2015.
- [10] T. y. toner, «Toner y tinta,» 19 Mayo 2015. [En línea]. Available: <https://tonertintayconsumibles.wordpress.com/2015/05/19/toner-composicion/>. [Último acceso: 26 Octubre 2017].
- [11] E. Boiero, «Blog Técnico Ricoh,» 17 Mayo 2012. [En línea]. Available: <http://digital-copiers.blogspot.com/2012/05/anatomia-de-una-particula-de-toner.html>. [Último acceso: 3 Junio 2018].
- [12] J. L. d. R. Sandoril, «Otro avance tecnológico de la Reprografía Documental: la impresión con rayo láser,» *CDM*, vol. 2, p. 14, 1993.
- [13] R. C. R. Silva, «USO ADECUADO DE LA RESOLUCIÓN EN LOS MATERIALES DE IMPRESIÓN DE GIGANTOGRAFÍA PARA LA AYUDA

DE LOS ESTUDIANTES DE DISEÑO GRÁFICO AL MOMENTO DE OPERAR,» Guayaquil, 2016.

- [14] R. p. network, «Responsible purchasing guide toner cartridge,» Texas.
- [15] A. toner, «A4 toner,» Febrero 2013. [En línea]. Available: <https://www.a4toner.com/blog/partes-de-un-toner/>. [Último acceso: 26 Octubre 2017].
- [16] MIke Josiah, Equipo técnico de Uninet, «Instrucciones de remanufactura del cartucho de toner para HP Láser Jet P1102,» Uninet, 2010.
- [17] Static Control, «Static Control,» [En línea]. Available: http://www.scc-inc.com/engine/EngineDocs/H2055/SECURE/1055_H2035_H2055_C6300_Remans.pdf.
- [18] J. P. Niveló Chalco y J. E. Ugalde Pachecho, «Universidad Politécnica Salesiana,» 2011. [En línea]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1440/13/UPS-CT002055.pdf>.
- [19] L. E. G. Ipiales, «Estudio de un sistema de dosificación para sólidos aplicable en la elaboración de tabletas de chocolate y su incidencia en la producción de la empresa de chocolates Doña Olguita en la parroquia de Huachi Chico,» Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2014.
- [20] «Coara,» Comercializadora Arango, [En línea]. Available: <http://www.coara.com.ec/productos/dosificadores/dosificador-tornillo-sinfin-para-polvos.html>. [Último acceso: 15 10 2017].
- [21] Acrison, «Acrison Inc,» 2017. [En línea]. Available: <https://acrison.com/es/linea-de-productos/dosificadores-volumetricos/>. [Último acceso: 15 10 2017].
- [22] G. Iberico, «Solivir,» 2011. [En línea]. Available: http://www.solivir.es/documentos/dosgrav_polvo.pdf. [Último acceso: 17 10

2017]

.

- [23] A. Antoci, M. Galeotti y S. Sordi, «Environmental Pollution as engine of industrization,» *Elsevier*, vol. 0, pp. 1-12, 2017.
- [24] D. Zheng y M. Shi, «Multiples Políticas ambientalistas, hipótesis de la polución,» *Elsevier*, nº 141, pp. 295-304, 2016.
- [25] A. Awasthi, X. Zeng y J. Li, «Contaminacion Ambiental de desechos electronicos reciclados en India,» *Elsevier*, nº 211, pp. 259-270, 2016.
- [26] A. W. R. G. Mathias Konczol, «Oxidative stress and inflammatory response to printer toner particles in human epithelial lung cells,» *Elsevier Ireland*, nº 1, pp. 171-180, 2012.
- [27] M. O. G. María Elena Talavera, «Scielo,» 2010. [En línea]. Available: <http://www.scielo.org.pe/pdf/rsqp/v76n2/a08v76n2.pdf>. [Último acceso: 18 10 2017].
- [28] HP, «Programa de reciclaje,» [En línea]. Available: <http://www8.hp.com/ec/es/ads/planet-partners/index.html>. [Último acceso: 01 11 2017].
- [29] J. L. Álvarez, *Ergonomía y Psicología Aplicada. Manual para la formación del especialista*, Valladolid: Editorial Lex Nova S. A, 2009.
- [30] D. S. Chander y M. P. Cavatorta, «Un método de observación para la Evaluación de Riesgo Ergonómico Postural,» *Elsivear*, nº 57, pp. 32-41, 2017.
- [31] C. M. d. Quito, «Municipio de Quito,» 2004. [En línea]. Available: www7.quito.gob.ec/mdmq_ordenanzas/Ordenanzas/ORDENANZAS%20AÑOS%20ANTERIORES/ORDM-123%20-%20RUIDO%20-%20MEDIO%20AMBIENTE.pdf. [Último acceso: 2019].
- [32] K. A. D. A. G. Gaidajis, «Enviromental problems and current management,»

Jestr Organization , vol. 3, nº 31, pp. 1-7, 2010.

- [33] S. d. i. social, «Integración Social,» 30 Enero 2013. [En línea]. Available:
http://intranetsdis.integracionsocial.gov.co/anexos/documentos/3.4_proc_administracion_gestion_bienes_servicios/05_instructivo_tonercartuchos.pdf.
- [34] J. G. J. M. D. Singh, «Programmable Logic Controller,» de *Mechatronics*, New Delhi, Eastern Economy Edition, 2006, pp. 472-476].
- [35] R. S. Monzó, «Conocimientos básicos de los autómatas programados,» de *Automatismos Industriales*, Valencia, Nau Libres, 2014, pp. 137-144.
- [36] P. Vertice, «Monitorización Viable,» de *Montaje y mantenimiento de los sistemas de control y regulación de parque eólico*, Málaga, Editorial Vértice, 2011, pp. 121-124.
- [37] A. G. Higuera, «Introducción al control automatizados,» de *Control automático en la industria*, Cuenca, Ediciones de la Universidad de Castilla La Mancha, 2005, pp. 114-121.
- [38] R. P. Organization, «Raspberrypi.org,» [En línea]. Available:
<https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b/>. [Último acceso: 03 10 2017].
- [39] G. L. Nicolas Goilav, *Arduino Aprender a desarrollar para crear objetos inteligentes*, Barcelona: Eni Ediciones, 2016.
- [40] A. C. Pedrera, *Arduino para principiantes*, It Campus Academ, 2017.
- [41] M. McRoberts, *Arduino, Technology in action* , 2005.
- [42] H. A. Camacho García, *Fundamentos de ventilación mecánica*, Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, 2004.
- [43] W. Whitman y W. Johnson, *Tecnología de la refrigeración y aire acondicionado*, Paraninfo, 2000.

- [44] T. Area, «Araetecnología,» [En línea]. Available:
<http://www.areatecnologia.com/electricidad/tipos-de-motores-electricos.html>.
 [Último acceso: 2019].

- [45] E. Águeda , «Neumática e Hidráulica,» de *Sistema de transmisión de fuerzas y trenes de rodaje*, Madrid, Paraninfo, 2012, pp. 51-52.

- [46] P. Molera Solá, *Soldadura industrial: Clases y aplicaciones*, Barcelona :
 Marcombo, 1992.

- [47] R. G. Budynas y K. J. Nisbett, *Diseño en ingeniería mecánica*, México: McGraw
 Hill Interamericana, 2008.

- [48] Indupromet, «Industrial Indupromet,» 2016. [En línea]. Available:
<http://www.indupromet.com/productos/tolvas-y-tornillos-sinfin-sin-eje-interno>.
 [Último acceso: 15 10 2017].

- [49] A. Pack, «ABC Pack,» [En línea]. Available: <http://www.abc-pack.com/productos/dosificador-volumetrico/>. [Último acceso: 16 10 2017].

- [50] C. Impianti, «Cavicchi Impianti,» [En línea]. Available:
<http://www.cavicchiimpianti.com/spa/productos/dosificadores/>.

- [51] C. Inc., «Cimon PLC,» [En línea]. Available:
<http://www.cimon.com/eng/introduction/plc/>. [Último acceso: 03 10 2017].

- [52] «Amazon,» [En línea]. Available: https://www.amazon.com/isinlive-Replacement-115115-PlasmaWave-Purifier/dp/B01N30EWPO/ref=pd_rhf_ee_s_vtp_ses_clicks_0_3?_encoding=UTF8&pd_rd_i=B01N30EWPO&pd_rd_r=d89a56a6-c682-49f6-b3b6-2e14a184c153&pd_rd_w=DXrUb&pd_rd_wg=1q13o&pf_rd_p=05d75987-58ed-4d36-. [Último acceso: 24 octubre 2018].

- [53] E. S.A, *Manual de soldadura y catálogo de productos*, Perú: Exsa.

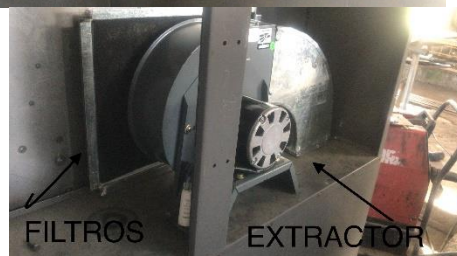
ANEXOS

Anexo 1: Fabricación de la estación de trabajo



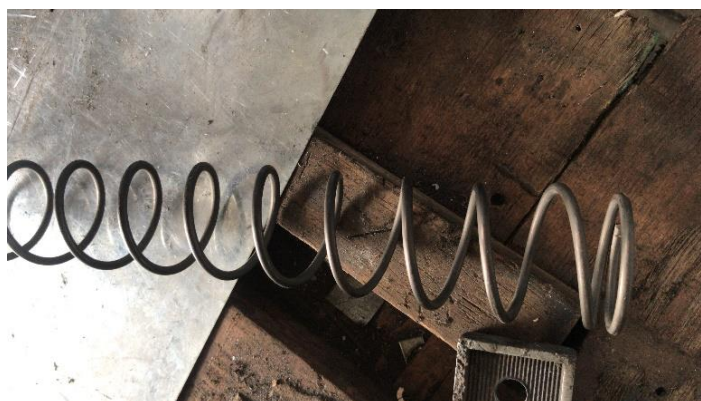
Elaborado por: Pablo Arciniega & María José Suntaxi

Anexo 2: Estación de trabajo culminada partes



Elaborado por: Pablo Arciniega & María José Suntaxi

Anexo 3: Elaboración del tornillo dosificador



Elaborado por: Pablo Arciniega & María José Suntaxi

Anexo 4: Tabla tornillo helicoidal de alambre

TABLA 19-2 Calibres y diámetros de alambres para resortes

Calibre núm.	Calibre U.S. para alambre de acero (pulg) ^a	Calibre para alambre de instrumentos musicales (pulg) ^b	Calibre Brown & Sharpe (pulg) ^c	Diámetros métricos preferidos (mm) ^d
7/0	0.4900			13.0
6/0	0.4615	0.004	0.5800	12.0
5/0	0.4305	0.005	0.5165	11.0
4/0	0.3938	0.006	0.4600	10.0
3/0	0.3625	0.007	0.4096	9.0
2/0	0.3310	0.008	0.3648	8.5
0	0.3065	0.009	0.3249	8.0
1	0.2830	0.010	0.2893	7.0
2	0.2625	0.011	0.2576	6.5
3	0.2437	0.012	0.2294	6.0
4	0.2253	0.013	0.2043	5.5
5	0.2070	0.014	0.1819	5.0
6	0.1920	0.016	0.1620	4.8
7	0.1770	0.018	0.1443	4.5
8	0.1620	0.020	0.1285	4.0
9	0.1483	0.022	0.1144	3.8
10	0.1350	0.024	0.1019	3.5
11	0.1205	0.026	0.0907	3.0
12	0.1055	0.029	0.0808	2.8
13	0.0915	0.031	0.0720	2.5
14	0.0800	0.033	0.0641	2.0
15	0.0720	0.035	0.0571	1.8
16	0.0625	0.037	0.0508	1.6
17	0.0540	0.039	0.0453	1.4
18	0.0475	0.041	0.0403	1.2
19	0.0410	0.043	0.0359	1.0
20	0.0348	0.045	0.0320	0.90
21	0.0317	0.047	0.0285	0.80
22	0.0286	0.049	0.0253	0.70

Anexo 5: Manual de operación de la estación de trabajo

Operación de la estación de trabajo.

Operaciones de rutina

- Verificar el botón de encendido.
- Verificar la tolva que este sin residuos de polvos anteriores, debe estar totalmente limpia y vacía.
- Revisar la presión manométrica de la tolva.
- Inspeccionar los filtros de recolección que no esté acumulado excesivamente el polvo en ellos.
- Encender la máquina con el botón star.
- Encender el extractor de aire.
- Encender las Luces (si es necesario)
- Seleccionar el gramaje de polvo necesario para cada cartucho láser
- Limpiar la estación de trabajo
- Apagar la máquina.

Preguntas frecuentes:

1.- ¿La estación de trabajo no enciende?

Comprobar que la máquina esté conectado a un tomacorriente, si no es el caso verificar que el cable de energía esté conectado a la estación de trabajo, si no es ninguno de los casos llamar al servicio técnico.

2.- ¿El extractor de aire no aspira suficiente polvo?

Se debe comprobar que los filtros de aire estén limpios y si no es el caso aspirarlos si es necesario.

3.- ¿El polvo del suministro de aire no se distribuye adecuadamente?

Verificar en la tolva de depósito de polvo, que no se encuentre polvo estancado debido a la falta de limpieza, limpiar el tornillo sin fin, limpiar la tolva, aspirar la manguera conductora de polvo.

4.- ¿La estación de trabajo no distribuye el polvo indicado?

Verificar que no exista un peso adicional al cartucho láser en el sensor de peso de la estación, caso contrario llamar al servicio técnico.

5.- ¿El compresor de aire funciona un tiempo y luego se apaga?

Verificar que el compresor esté conectado firmemente a un tomacorriente, verificar que tenga el nivel adecuado de aceite para evitar el sobrecalentamiento, verificar que no existan fugas en la manguera neumáticas.

Anexo 6: Manual de mantenimiento

Diario:

- Limpiar la tolva de polvo que no es compatible con otro polvo que se utilizara.
- Revisar el excedente de polvo en las mangueras de distribución.
- Limpiar la mesa de trabajo de remanufactura.
- Mantener las guarderas en buen estado y cerradas.

Semanal:

- Limpiar la boquilla de llenado.
- Revisar la lubricación del compresor de aire.
- Limpiar el filtro de la salida de la boquilla de llenado.
- Desechar los restos de polvo de la cabina de desechos.

Mensual:

- Revisar que no exista fugas en las mangueras neumáticas.
- Chequear las conexiones eléctricas de la estación de trabajo.
- Revisar el sistema de paro de emergencia.
- Verificar el fusible del tablero de control.
- Limpiar el panel de control.

Trimestral:

- Verificar las garruchas de la estación de trabajo que no tengan obstrucciones.
- Verificar en la tolva que no se encuentren objetos que no sean distintos al polvo de tóner.
- Limpiar los acoples y conexiones de las mangueras.

Semestral:

- Cambiar el aceite del compresor de aire con un aceite compatible
- Limpiar el tornillo sin fin y lubricar sus juntas.
- Revisar las soldaduras que estén libres de grietas en las uniones.
- Cambiar los filtros de aire HEPA por unos nuevos.
- Revisar el sistema de iluminación de la estación, corregir cualquier anomalía.

Anual:

- Revisar los empaques que se encuentran en la tolva
- Limpiar la máquina en su totalidad
- Verificar que no se produzca oxidaciones en la máquina.
- Retirar residuos del producto adheridos fuertemente en la tolva de la estación de trabajo.
- Limpiar el control de mando y verificar su correcto funcionamiento.
- Verificar el estado del rodamiento de los puntos de apoyo del tornillo sin fin en caso de estar en mal estado sustituir.
- Medir el consumo del motor eléctrico y revisar su estado.

Anexo 7: Diagrama de flujo Proceso de remanufactura de un cartucho

